

**KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS BAHAN C, SnO<sub>2</sub> DAN C+SnO<sub>2</sub>  
DITINJAU DARI NILAI HAMBATAN, UJI UV-VIS, DAN XRD SEBAGAI  
MATERIAL *TRANSPARENT CONDUCTING OXIDE***

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Universitas Negeri Yogyakarta**

**Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan**

**Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains**



**Oleh:**

**NABILA RAHMASARI**

**NIM 12306144006**

**PROGRAM STUDI FISIKA**

**JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO<sub>2</sub>, dan C+SnO<sub>2</sub> Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*” yang disusun oleh Nabila Rahmasari, NIM 12306144006 ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta,

2017

Pembimbing I,



W. S. Brams Dwandaru, Ph.D.  
NIP. 195909141988031003

## PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C,  $\text{SnO}_2$ , dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*” yang disusun oleh Nabila Rahmasari, NIM 12306144006 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 12 Juli 2017 dan dinyatakan lulus.

### DEWAN PENGUJI:

| Nama   | Jabatan            | Tanda Tangan  | Tanggal   |
|--|--------------------|---|-----------|
| <u>W.S. Brams Dwandaru, Ph.D</u><br>NIP. 19800129 200501 1 003 | Ketua Penguji      |   | 28/9 2017 |
| <u>Rita Prasetyowati, M.Si</u><br>NIP. 19800728 200604 2 001   | Sekretaris Penguji |  | 28/9 2017 |
| <u>Dr. Rida Sitti Nur'aini M.</u><br>NIP.19840818 201404 2 001 | Penguji Utama      |  | 25/9 2017 |

Yogyakarta, 11 Oktober 2017  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan,



Dr. Hartono

NIP.19620329 198702 1 002

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Nabila Rahmasari  
NIM : 12306144006  
Program Studi : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Judul : Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO<sub>2</sub>, dan C+SnO<sub>2</sub>  
Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV-Vis, dan XRD  
Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*.

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan dosen penguji yang tertera dalam halaman pengesahan asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi ditunda yudisium pada periode berikutnya.

Yogyakarta, 03 Juni 2017

Yang menyatakan,



Nabila Rahmasari  
NIM 12306144006

## MOTTO

*Khairunnas anfa'uhum linnas; sebaik-baiknya manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia lain (H.R. Ahmad dan Thabrani).*

*Bersungguh-sungguhlah pada perkara-perkara yang bermanfaat bagimu, mintalah pertolongan kepada Allah dan janganlah kamu bersikap lemah (H.R Ahmad dan Muslim).*

*Jadilah seperti pohon yang dilempar orang dengan batu, tetapi ia justru menggugurkan buah untuk mereka (Hasan Al Banna)*

*Kalau hidup hanya sekadar hidup, kera di rimba juga hidup. Kalau kerja hanya sekadar kerja, kerbau di sawah juga bekerja (Buya Hamka)*

*Setiap orang punya jalan yang berbeda untuk sukses (Nabila Rahmasari)*

## **PERSEMBAHAN**

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Dengan penuh rasa syukur yang dihaturkan kepada Allah Azza wa Jalla. Karya ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orangtua saya yang doanya selalu melangit untuk kebaikan anaknya, yang tanpa lelah mendidik saya, mengarahkan saya dan mencurahkan kasih sayangnya kepada saya.
2. Adik, Bhulek, Sepupu dan ke dua Nenek saya yang selalu menyemangati saya dan memberikan dorongan untuk segera menyelesaikan pendidikan strata – 1 saya di Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Teman – teman yang telah membelajarkan saya dan menemani saya berproses di dalam kebaikan : HIMAFI UNY 2013 & 2014, MPO HIMAFI 2015, BEM REMA UNY 2015, BSO Laser, Hai Gengs, Sie Acara OSPEK Universitas 2015, KAMUS Masjid Nurul ‘Ashri 1438 H. Terimakasih telah menginspirasi.
4. Teman – teman Fisika E 2012 yang dengan tulusnya sudah mau berteman dengan saya dan memaklumi segala kesibukan/kegiatan saya diluar perkuliahan. Terkhusus untuk Phatma, Laila, Fatya, Muqtaf, dan Jepo yang tidak pernah bosan untuk selalu mengingatkan saya dalam kebaikan terutama tentang perkuliahan.

## KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam Yang Maha Mengetahui segala sesuatu. Sholawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat beliau.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Negeri Yogyakarta, dengan judul “Karakterisasi Lapisan Tipis Bahan C, SnO<sub>2</sub>, dan C+SnO<sub>2</sub> Ditinjau dari Nilai Hambatan, Uji UV – Vis, dan XRD Sebagai Material *Transparent Conducting Oxide*”.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Yusman Wiyatmo, M.Si. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Bapak Nur Kadarisman, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika FMIPA UNY yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan skripsi ini.
3. Bapak W. S. Brams Dwandaru, Ph.D. sebagai dosen pembimbing yang telah membimbing dari awal hingga akhir dengan sabar. Sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. Dr. Ariswan selaku penasehat akademik yang telah memberikan arahan dan motivasi untuk menyelesaikan studi.
5. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari mungkin masih ada kekurangan dalam skripsi ini, karena itu penulis berharap masukan dan saran yang membangun demi perbaikan dan manfaat yang lebih baik dimasa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Yogyakarta, 03 Juli 2017

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Nabila Rahmasari', written in a cursive style.

Nabila Rahmasari  
NIM 12306144032



**KARAKTERISASI LAPISAN TIPIS BAHAN C, SnO<sub>2</sub> DAN C+SnO<sub>2</sub>  
DITINJAU DARI NILAI HAMBATAN, UJI UV-VIS DAN XRD SEBAGAI  
MATERIAL *TRASPARENT CONDUCTING OXIDE***

**Oleh:  
Nabila Rahmasari  
12306144006**

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk 1) mengetahui nilai hambatan pada lapisan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> sebagai material TCO. 2) Mengetahui nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> berdasarkan UV-Vis . 3) Mengetahui karakter dari lapisan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> berdasarkan XRD.

Metode yang digunakan dalam pembuatan lapisan C dilakukan dengan pengasapan. Pembuatan lapisan SnO<sub>2</sub> dilakukan dengan pemanasan SnCl<sub>2</sub>. Pembuatan lapisan C+SnO<sub>2</sub> dilakukan dengan menggabungkan kedua metode sebelumnya. Setelah pembuatan lapisan selesai dilakukan uji hambatan dengan menggunakan rangkaian paralel, uji nilai absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan pengujian dengan *X-Ray diffraction* untuk mengetahui karakter dari lapisan yang terbentuk.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada perbedaan karakter dari ketiga sampel lapisan yang dibuat. Pada pengujian hambatan menunjukkan nilai 1,0769 mΩ untuk lapisan C; 1,0774 mΩ untuk lapisan SnO<sub>2</sub>; dan 3,8875 mΩ untuk lapisan C+SnO<sub>2</sub>. Pengujian UV-Vis menunjukkan nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> secara berturut – turut adalah 0,1496; 0,1818; dan 0,8163. Ketiga nilai absorbansi maksimal lapisan sampel berada pada daerah UV. Pengujian XRD yang dilakukan menunjukkan bahwa lapisan C dan lapisan SnO<sub>2</sub> merupakan amorf sedangkan lapisan C+SnO<sub>2</sub> merupakan kristal.

Kata kunci: lapisan tipis, karbon, SnO<sub>2</sub>, C+SnO<sub>2</sub>, hambatan, UV-Vis, XRD

**CHARACTERIZATION OF THIN LAYER OF C, SnO<sub>2</sub>, AND C+SnO<sub>2</sub>  
MATERIALS AS SEEN FROM THE RESISTANCE NUMBER, UV-VIS  
AND XRD TEST AS TRANSPARENT CONDUCTING OXIDE  
MATERIAL**

**By:  
Nabila Rahmasari  
12306144006**

**ABSTRACT**

The objectives of this research are 1) to find out the number of resistance on layer C, SnO<sub>2</sub> and C+SnO<sub>2</sub> as TCO material. 2) to find out the number of absorbance on layer of material C, SnO<sub>2</sub> and C+SnO<sub>2</sub> based on UV-Vis. 3) to find out the character of layer C, SnO<sub>2</sub> and C+SnO<sub>2</sub> based on XRD.

The method used in the preparation of layer C is done by fumigation. The making of SnO<sub>2</sub> layer is done by heating SnCl<sub>2</sub>. The making of C+SnO<sub>2</sub> layer is done by combining the two previous methods. After the making of the layers were completed, the researcher conducted the resistance test using the peralel circuit, number of absorbance test by using UV-Vis spectrophotometer, and then tested with X-Ray diffraction to find out the character from the formed layer.

The results show that there are difference characters from the three samples of layers which are made. On the resistance test it shows the number of 1.0769 mΩ for layer C; 1.0774 mΩ for layer SnO<sub>2</sub>; and 3.8875 mΩ for layer C+SnO<sub>2</sub>. The UV-Vis test shows the absorbance number of material layer C, SnO<sub>2</sub> and C+SnO<sub>2</sub> are 0.1496; 0.1818; and 0.8163. The three maximum absorbance numbers of the sample layer are in the UV area. The XRD test that has done shows that layer C and layer SnO<sub>2</sub> is amorf while layer C+SnO<sub>2</sub> is crystal.

**Keywords:** *thin film, carbon, SnO<sub>2</sub>, C+SnO<sub>2</sub>, resistance, UV-Vis, XRD*

## DAFTAR ISI

|  | HALAMAN |
|--|---------|
| HALAMAN JUDUL.....                         | i       |
| HALAMAN PERSETUJUAN.....                   | ii      |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                    | iii     |
| HALAMAN PERNYATAAN.....                    | iv      |
| HALAMAN MOTTO.....                         | v       |
| HALAMAN PERSEMBAHAN.....                   | vi      |
| KATA PENGANTAR.....                        | vii     |
| ABSTRAK.....                               | ix      |
| <i>ABSTRACT</i> .....                      | x       |
| DAFTAR ISI.....                            | xi      |
| DAFTAR TABEL.....                          | xiii    |
| DAFTAR GAMBAR.....                         | xiv     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                       | xv      |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN</b>               |         |
| A. Latar Belakang.....                     | 1       |
| B. Identifikasi Masalah.....               | 3       |
| C. Batasan Masalah.....                    | 3       |
| D. Rumusan Masalah.....                    | 4       |
| E. Tujuan.....                             | 4       |
| F. Manfaat Penelitian.....                 | 5       |
| <br><b>BAB II KAJIAN PUSTAKA</b>           |         |
| A. Nanosains dan Nanomaterial.....         | 6       |
| B. Transparent Conductive Oxide (TCO)..... | 8       |
| C. StannousChloride.....                   | 9       |
| D. Hambatan/Resistansi.....                | 10      |
| E. Cahaya.....                             | 10      |
| F. Karbon.....                             | 11      |

|                                    |   |    |
|------------------------------------|---|----|
| G.                                 | SnO <sub>2</sub> .....  | 12 |
| H.                                 | Spektrofotometer UV - Vis.....  | 13 |
| I.                                 | <i>X – Ray Diffraction</i> .....                                      | 15 |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN</b>   |   |    |
| A.                                 | Waktu dan Tempat Penelitian.....                                      | 19 |
| B.                                 | Variabel Penelitian.....  | 19 |
|                                    | 1. Variabel Bebas.....  | 20 |
|                                    | 2. Variabel Terikat.....  | 20 |
|                                    | 3. Variabel Kontrol.....  | 20 |
| C.                                 | Jenis Penelitian.....   | 20 |
| D.                                 | Alat dan Bahan Penelitian.....  | 20 |
|                                    | 1. Alat Penelitian.....   | 20 |
|                                    | 2. Bahan Penelitian.....  | 21 |
| E.                                 | Langkah Kerja.....  | 22 |
|                                    | 1. Pembuatan Lapisan C, SnO <sub>2</sub> , C + SnO <sub>2</sub> ..... | 22 |
|                                    | 2. Uji Hambatan.....  | 25 |
|                                    | 3. Uji Spektrofotometer UV-Vis.....                                   | 25 |
|                                    | 4. Uji <i>X – Ray Diffraction</i> .....                               | 26 |
| F.                                 | Diagram Alir .....  | 27 |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> |   |    |
| A.                                 | Pengukuran Nilai Hambatan Pada Lapisan.....                           | 28 |
| B.                                 | Hasil Pengujian Spektrofotometer UV-Vis.....                          | 30 |
| C.                                 | Hasil Pengujian <i>X – Ray Diffraction</i> .....                      | 31 |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>  |   |    |
| A.                                 | Kesimpulan.....   | 36 |
| B.                                 | Saran.....  | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA.....                |   | 37 |
| LAMPIRAN.....                      |   | 40 |

## DAFTAR TABEL

|   | HALAMAN |
|---|---------|
| Tabel 1.      Tabel (1) Tabel Perbandingan JCPDS dan hasil XRD<br>..... | 34      |

## DAFTAR GAMBAR

|  | HALAMAN |
|--|---------|
| Gambar 1. Hubungan antara resistivitas, arus dan tegangan.....   | 10      |
| Gambar 2. Diagram Tabung Sinar-X.....  | 15      |
| Gambar 3. Dalam sebuah eksperimen difraksi sinar – x .....   | 16      |
| Gambar 4. Interferensi gelombang – gelombang dari atom – atom yang berdekatan dalam sebuah barisan.....                    | 17      |
| Gambar 5. Interferensi dari barisan–barisan yang berdekatan .....  | 17      |
| Gambar 6. Susunan preparat dan $\text{SnCl}_2$ . ....  | 22      |
| Gambar 7. Posisi penataan preparat di atas kasa untuk membuat lapisan $\text{SnO}_2$ .....                                 | 23      |
| Gambar 8. Kompor listrik yang digunakan untuk membuat lapisan. ....  | 23      |
| Gambar 9. Skema Rangkaian.....   | 25      |
| Gambar 10. Diagram alir tahap penelitian.....  | 27      |
| Gambar 11. Grafik hasil pengukuran hambatan dari lapisan $\text{C}+\text{SnO}_2$ , $\text{C}$ , $\text{SnO}_2$ .....       | 29      |
| Gambar 12. Grafik absorbansi lapisan $\text{C}$ , $\text{SnO}_2$ , dan $\text{C}+\text{SnO}_2$ pada daerah UV-Visibel..... | 30      |
| Gambar 13. Grafik hasil XRD lapisan $\text{C}$ , $\text{SnO}_2$ , dan $\text{C}+\text{SnO}_2$ .....                        | 32      |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   | HALAMAN |
|---|---------|
| Lampiran 1. Hasil Pengukuran Hambatan.....            | 40      |
| Lampiran 2. Hasil <i>X – Ray Diffraction</i> .....    | 46      |
| Lampiran 3. Hasil Uji Spektrofotometer UV – Vis ..... | 49      |
| Lampiran 4. Data Base JCPDS.....                      | 65      |

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Saat ini, permasalahan mengenai energi dalam kehidupan manusia tidak bisa dianggap enteng. Hal ini dikarenakan perkembangan ekonomi dunia yang pesat sehingga sebagian besar negara di dunia mengalami peningkatan kebutuhan sumber energi. Secara global, sumber energi yang sering digunakan adalah sumber energi yang berasal dari fosil, sedang sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui. Maka semakin meningkatnya jumlah kebutuhan akan sumber energi fosil menyebabkan menipisnya persediaan sumber energi tersebut. Hal itu berdampak pada pemikiran masyarakat global yang kritis, bagaimana jika suatu saat sumber energi fosil tersebut habis dan apa yang dapat menggantikannya. Dunia mulai berpikir tentang alternatif. Alternatif adalah cara yang berbeda untuk mencapai tujuan akhir yang sama. Saat ini dunia sedang berkompetisi untuk menemukan ataupun memproduksi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, dapat diperbaharui, dan harga produksi rendah.

Membahas tentang energi dan perkembangan ekonomi, ada benang merah yang mengharuskan melihat ke sisi lain, yaitu terkait perkembangan teknologi yang juga pesat. Segala seluk-beluk kehidupan manusia tak dapat dilepaskan dari teknologi. Gadget misalnya, menjadi benda yang tak dapat



dipisahkan dari kehidupan sehari-hari. Hal ini merupakan salah satu bentuk nyata bahwa manusia sangat bergantung pada teknologi, baik untuk urusan pekerjaan, komunikasi, dan pemenuhan kebutuhan lainnya. Ataupun urusan yang bersifat pribadi atau umum.

Salah satu ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang saat ini adalah *transparance conductive oxide* atau yang lebih dikenal dengan TCO. TCO merupakan lapisan oksida transparan konduktif. Bersifat konduktif karena sifatnya seperti material semikonduktor dan memiliki ketebalan sekitar 100-200 nanometer. TCO adalah semikonduktor yang memiliki lebar celah energi antara 2,5-4,5 eV (Dengyuan, 2005). TCO umumnya hadir dalam bentuk indium timah oksida (ITO), tin oxide ( $\text{SnO}_2$ ), fluor didoping oksida timah (FTO), dan aluminium didoping zinc oxide  $\text{ZnO:Al}$  (AZO) (Sharker, 2015: 243). Pada penelitian ini akan membahas TCO dari  $\text{SnO}_2$  dan karbon. Pembuatan lapisan  $\text{SnO}_2$  umumnya dilakukan dengan metode sputtering, proses sol-gel, dan chemical vapor deposition (Kurniati, 2016 : 3).

TCO sendiri merupakan material penting penyumbang kemajuan teknologi saat ini karena memiliki aplikasi yang luas. Misalnya saja pada pengaplikasian sel surya, layar *smarthphone*, layar LCD, hingga sensor cahaya. Sel surya adalah perangkat yang mampu mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Pengembangan sel surya ini memiliki potensi yang besar sebagai energy alternatif. Akan tetapi di Indonesia perkembangan

sel surya dengan teknologi TCO mengalami hambatan dikarenakan harga TCO di Indonesia saat ini masih mahal

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Ketersediaan energi fosil semakin menipis, sehingga dewasa ini membutuhkan sumber energi lain yang dapat menjadi alternatif sebagai pengganti energi fosil saat .
2. Energi alternatif sel surya membutuhkan penelitian di bidang TCO.
3. TCO yang sedang dikembangkan saat ini masih mahal dan dihasilkan dengan teknologi yang tinggi.
4. Belum ditemukannya lapisan TCO (karbon dan timah) yang dibuat dengan cara yang sederhana, yakni dari pembakaran tidak sempurna yang menghasilkan karbon jelaga dan pemanasan langsung senyawa  $\text{SnCl}_2$ .

## **C. Batasan Masalah**

Pada penelitian ini penulis membatasi masalah pada pembuatan lapisan TCO (C,  $\text{SnO}_2$ , dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ ) menggunakan cara yang lebih sederhana, yaitu dengan pembakaran dan pemanasan. Selanjutnya melakukan pengukuran nilai hambatan, pengujian dengan spektrofotometer UV-Vis dan X-Ray Diffraction

(XRD) pada lapisan. Ketiga hal tersebut dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakter dari lapisan TCO yang terbentuk.

#### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan batasan masalah yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai hambatan pada lapisan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  sebagai material TCO?
2. Bagaimana nilai absorbansi lapisan bahan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  menggunakan spektrofotometer UV-Vis?
3. Bagaimana hasil karakterisasi lapisan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  menggunakan XRD?

#### **E. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Mengetahui nilai hambatan pada lapisan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  sebagai material TCO.
2. Mengetahui nilai absorbansi lapisan bahan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  berdasarkan UV-Vis .
3. Mengetahui karakter dari lapisan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  berdasarkan XRD.

## **F. Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini, yaitu:

1. Bagi mahasiswa

Memperkenalkan pembuatan lapisan yang bersifat transparan-konduktif dengan cara yang sederhana.

2. Bagi Universitas

Sebagai referensi untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut di bidang pembuatan lapisan yang bersifat transparan konduktif.

3. Bagi Masyarakat

Dapat memberikan pengetahuan tentang lapisan TCO untuk dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Nanosains dan Nanomaterial**

Salah satu ilmu pengetahuan yang sedang berkembang dengan pesat saat ini adalah nanosains. Sesuai dengan namanya, nanosains adalah ilmu dimana manusia berusaha untuk mempelajari berbagai gejala-gejala alam yang berukuran nanometer. Perlu diketahui bahwa 1 nanometer sama dengan  $10^{-9}$  meter (Dwandaru, 2012). Orang berkeyakinan bahwa material berukuran nanometer memiliki sejumlah sifat kimia dan fisika yang lebih unggul dari material ukuran besar (*bulk*). Material dalam ukuran nanometer memiliki sifat-sifat yang lebih kaya karena menghasilkan beberapa sifat yang tidak dimiliki oleh material ukuran besar, dan yang sangat menarik adalah sejumlah sifat tersebut dapat diubah-ubah dengan melalui pengontrolan ukuran material, pengaturan komposisi kimiawi, modifikasi permukaan, dan pengontrolan interaksi antar partikel (Abdullah, 2008: 2). Keunggulan nanomaterial dalam sifat magnetik adalah meningkatkan kemagnetan material, dikarenakan menurunnya ukuran partikel dan *surface area* per satuan volume partikel. Nanomaterial memiliki kekerasan dan daya tahan gores yang lebih besar dari material dengan ukuran yang lebih besar (Abdillah, 2016: 8).

Secara dimensional, struktur nanomaterial dibagi menjadi 4 golongan yaitu:

**1. Dimensi 0 (0D)**

Nanopartikel, *nanoclusters*, dan nanokristal, merupakan contoh golongan 0 D . Berbagai metode, baik secara fisik maupun kimia terus dikembangkan untuk melakukan fabrikasi nanomaterial 0 dimensi (Tiwari, 2012: 727).

**2. Dimensi 1 (1D)**

Nanomaterial 1D memiliki ukuran diameter kisaran (1-100)nm, namun biasanya memiliki panjang dalam skala micrometer (Fahlan, 2007: 319). Material ini memiliki peranan penting dalam fabrikasi elektronik, optoelektronik, dan *electrochemical energy devices* (EEDs) dalam skala nano (Tiwari, 2012: 728).

**3. Dimensi 2 (2D)**

Lapisan nano menjadi salah satu contohnya. Lapisan nano yang dimaksud seperti *thin film*, *coating*, *nanoplates*, *nanosheets*, dan *nanowalls*. Luas dari material ini berada dalam rentang mikrometer, namun ketebalannya dalam nanometer. Nanomaterial 2D yang membentuk geometri tertentu menunjukkan karakteristik yang unik. Beberapa tahun terakhir ini, nanomaterial dalam 2D menjadi objek penelitian. Pengaplikasian bahan ini pun merupakan hal yang menarik untuk diteliti.

Hingga saat ini pemanfaatan material ini antara lain sebagai sensor, fotokatalis, *nanocontainers*, dan *nanoreactors* (Tiwari, 2012: 728).

#### 4. Dimensi 3 (3D)

Material ini menarik untuk disintesis dengan mengontrol struktur dan morfologinya. Nanomaterial 3D telah diaplikasikan di berbagai bidang, contohnya di bidang katalis, bahan magnetik, dan bahan elektroda untuk baterai (Tiwari, 2012: 729).

#### B. *Transparent Conducting Oxide*

*Transparent conducting oxide* (TCO) merupakan sebuah material konduktif dan transparan yang dilapiskan pada kaca. TCO sendiri terbuat dari berbagai bahan. Bahan pembuat TCO pada umumnya adalah *indium tin oxide* (ITO), fluorine-doped tin oxide (FTO), aluminium-doped zinc oxide (AZO), dan antimony-doped tin oxide (ATO) (Stadler, Andreas: 2012). Material TCO biasa dipakai sebagai *window* pada solar cell dan juga dapat berperan sebagai elektroda sel surya. TCO yang ideal mempunyai sifat antara lain: transparansi yang tinggi pada panjang gelombang tertentu, konduktivitas yang tinggi serta mempunyai *carrier mobility* yang tinggi (Syuhada, dkk: 2008).

Dari ketiga bahan tersebut ITO merupakan salah satu bahan yang paling sering digunakan karena memiliki sifat konduktif dan transparansi lebih baik dari bahan lain. Transparansi ITO mencapai 70% dari transparansi kaca.

Untuk nilai hambatannya berada dalam skala  $772.48 \times 10^{-2} \Omega$  dan memiliki energi gap 3.5 eV (Abdillah, 2016: 10).

Terdapat dua metode utama dalam pembuatan TCO, yaitu *chemical deposition* dan *physical deposition* (Gondomi P.2014:18). Dalam metode *chemical deposition* pembuatan TCO dilakukan dengan merendam material yang akan dilapisi ke dalam larutan kimia pelapis. Beberapa metode berdasarkan *chemical deposition* adalah *plating*, *chemical solution deposition*, dan *chemical vapor deposition*. Sedangkan pada metode *physical deposition* pembuatan TCO dilakukan dengan memberi perlakuan secara fisika, seperti *thermal evaporation*, *sputtering*, *pulsed laser deposition*, *physical vapor deposition (PVD)* dan *cathodic arc deposition* (Arc-PVD). Selain dua metode tersebut terdapat beberapa metode lain misal *electrochemical*, *spin coating*, *sol-gel*, *cathodic deposition*, *anodic deposition*, *metal organic chemical vapor deposition (MOCVD)*, *vacuum evaporation*, dan lain-lain.

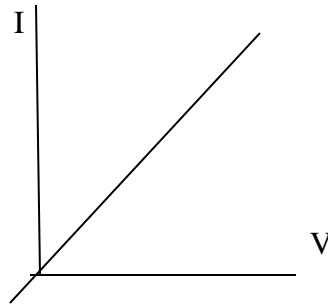
### C. Stannous Chloride

$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  yang biasa disebut dengan *stannous chloride* atau tin(II) chloride merupakan senyawa yang berasal dari proses kimia dari timah (tin). Timah merupakan logam putih keperakan, mudah ditempa, fleksibel, memiliki struktur kristalin, dan mudah patah jika didinginkan. Timah di bawah suhu  $13,2^\circ \text{C}$  tidak memiliki sifat logam sama sekali. Timah putih memiliki struktur kristal tetragonal. Timah tidak tersedia secara langsung di



alam, melainkan diperoleh dari memproses mineral lain. Salah satu mineral sumber timah yaitu *stannite* yang merupakan mineral *sulfide* dari tembaga, besi, belerang, dan timah (Abdillah, 2016: 12).

#### D. Hambatan/ Resistansi



Gambar 1. Hubungan antara resistivitas, arus dan tegangan.

Dalam gambar 1 terdapat definisi dari resistivitas  $R$  adalah perbandingan antara tegangan dan arus. Memiliki persamaan sebagai berikut

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

Resistivitas juga disebut sebagai tahanan dan besar resistivitas menunjukkan berapa kuat suatu komponen menahan arus. Kalau resistivitas besar, berarti daya untuk menahan arus juga besar sehingga arus menjadi kecil atau tegangan harus besar untuk mendapatkan arus tertentu (Blocher. 2004: 13).

#### E. Cahaya

Cahaya adalah partikel dan gelombang. Menurut teori gelombang cahaya menyebar dari suatu sumber seperti riak menyebar dari permukaan air

jika kita menjatuhkan batu ke permukaan air. Energi yg dibawa oleh cahaya menurut analogi ini terdistribusi secara kontinu ke seluruh pola gelombang. Sebaliknya, menurut teori kuantum, cahaya menyebar dan sumbernya sebagai deretan konsentrasi energi yang terlokalisasi, masing-masing cukup kecil sehingga dapat diserap oleh sebuah elektron. Teori kuantum cahaya memperlakukan cahaya sebagai gejala partikel secara eksplisit berkaitan dengan frekuensi cahaya uv, merupakan konsep gelombang (Beiser, 1992 : 57).

Cahaya tidak menunjukkan kedua aspek gelombang dan partikel pada saat yang sama. Pada kejadian khusus, cahaya dapat memperlihatkan sifat gelombang atau sifat partikel, tidak pernah terjadi keduanya terlihat bersamaan. Bila cahaya melalui celah-celah, maka cahaya berlaku sebagai gelombang tetapi ketika tiba pada layar cahaya berlaku sebagai partikel (Beiser, 1992: 59)

#### **F. Karbon**

Pembakaran dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: pembakaran sempurna dan pembakaran tidak sempurna. Pembakaran sempurna terjadi ketika bahan bakar bereaksi dengan cepat dengan oksigen ( $O_2$ ) dan menghasilkan karbon dioksida ( $CO_2$ ) dan uap air ( $H_2O$ ). Sedangkan pembakaran tak sempurna terjadi ketika dalam proses pembakaran kebutuhan oksigen tidak tercukupi dan dihasilkan karbon monoksida ( $CO$ ).

Karbon adalah salah satu unsur yang melimpah di alam. Beberapa peneliti telah berhasil mensintesis nanomaterial berbasis karbon seperti carbon nanotubes, fullerenes, nanofibers, nanodiamond, carbon nanotubes, dan carbonaceous nanomaterials yang lain. Dalam penelitian yang dilakukan Tian dkk dengan judul Nanosized Carbon Particles From Natural Gas Soot, menjelaskan bahwa material sumber karbon yang digunakan adalah hasil pembakaran tidak sempurna dari lilin (jelaga lilin) (Tian dkk. 2009). Dalam penelitian ini sumber karbon yang digunakan adalah karbon dari jelaga lampu teplok

Karbon jelaga dalam penelitian ini diperoleh dari pembakaran tak sempurna pada lampu teplok. Komponen lampu teplok terdiri dari sumbu, bahan bakar (minyak tanah) dan cerobong dari kaca. Bahan bakar diserap oleh sumbu dan dibakar sehingga terjadi proses pembakaran tak sempurna. Cerobong dari kaca berfungsi untuk melindungi api supaya tidak padam oleh angin, sehingga proses pembakaran dapat berlangsung (Abdillah, 2016: 12).

## **G. SnO<sub>2</sub>**

SnO<sub>2</sub> merupakan bahan semikonduktor tipe-n dengan lebar celah energi, lebih besar dari 3,0 eV. SnO<sub>2</sub> memiliki struktur kristal tetragonal dan bersifat nonpolar dengan parameter kisi  $a = 4,738 \text{ \AA}$  dan  $c = 3,1888 \text{ \AA}$  (Maddu, dkk. 2009). Sifat transparansi dari lapisan ini dapat mencapai nilai lebih dari 97% (untuk lapisan yang memiliki ketebalan  $(0.1-1) \mu\text{m}$ ) (Ji, 2013: 1).

## H. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer sesuai dengan namanya adalah alat yang terdiri dari spektrofotometer dan fotometer. Spektrofotometer menghasilkan sinar dan spektrum dengan panjang gelombang dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi. Jadi spektrofotometri digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang (Khopkar, 1990: 325)

Daerah UV sekitar 10 nm – 380 nm, tetapi paling banyak penggunaannya secara analitik dari 200 nm – 380 nm dan disebut sebagai UV pendek (dekat). Di bawah 200 nm, udara dapat mengabsorpsi sehingga instrumen harus dioperasikan kondisi vakum, daerah ini disebut dengan daerah UV vacuum. Daerah tampak (visibel) sangat kecil panjang gelombang yang dikaitkan dengan cahaya tampak mampu mempengaruhi selaput pelangi pada manusia, dan karenanya menimbulkan kesan subyektif akan ketampakan (vision).  $\lambda$  daerah tampak dari 380 nm – sekitar 780 nm (Puspitaningrum, 2017:48).

Komponen-komponen peralatan spektrofotometer UV-Vis dijelaskan secara garis besar sebagai berikut:

### 1. Sumber Cahaya.

Sebagai sumber radiasi UV digunakan lampu Hidrogen (H) atau lampu Deuterium (D). Sedangkan sumber radiasi tampak yang juga menghasilkan sinar infra merah (IR) dekat menggunakan lampu filament tungsten yang dapat menghasilkan tenaga radiasi 350-3500 nm.

### 2. Monokromator.

Radiasi yang diperoleh dari berbagai sumber radiasi adalah sinar polikromatis (banyak panjang gelombang). Monokromator berfungsi untuk mengurai sinar tersebut menjadi monokromatis sesuai yang diinginkan. Monokromator terbuat dari bahan optic yang berbentuk prisma.

### 3. Tempat Sampel.

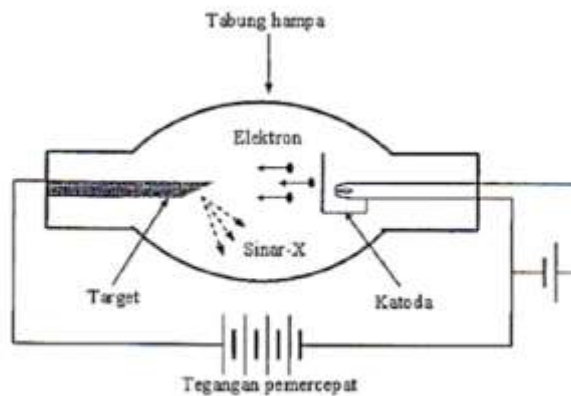
Dalam bahasa sehari-hari tempat sampel (sel penyerap) dikenal dengan istilah kuvet. Kuvet ada yang berbentuk tabung (silinder) tapi ada juga yang berbentuk kotak. Syarat bahan yang dapat dijadikan kuvet adalah tidak menyerap sinar yang dilewatkan sebagai sumber radiasi dan tidak bereaksi dengan sampel dan pelarut.

### 4. Detektor.

Detektor berfungsi untuk mengubah tenaga radiasi menjadi arus listrik atau peubah panas lainnya dan biasanya terintegrasi dengan pencatat (*printer*). Tenaga cahaya yang diubah menjadi tenaga listrik akan mencatat secara kuantitatif tenaga cahaya tersebut (Sitorus, 2009).

## I. X – Ray Diffraction

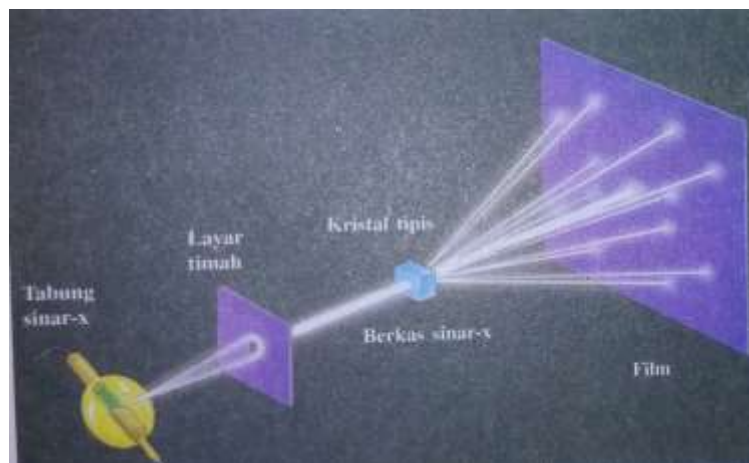
Sinar-X adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang (0,5-2,5) Å. Sinar-X dihasilkan dari tumbukan antara elektron berkecepatan tinggi dengan logam sasaran dalam tabung ruang hampa. Tabung sinar-X terdiri atas empat komponen utama, yakni filamen (katoda) yang berperan sebagai sumber elektron, ruang vakum sebagai pembebas hambatan, target sebagai anoda, dan sumber tegangan listrik, seperti pada Gambar 2.



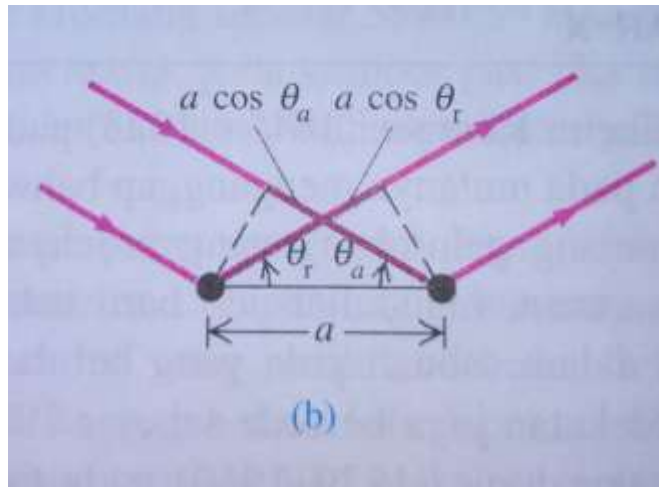
Gambar 2. Diagram Tabung Sinar-X (Beiser, 1992: 62)

Max von Laue (1879 – 1912) mengusulkan bahwa sebuah kristal dapat berperan sebagai kisi difraksi berdimensi tiga untuk sinar-X. Seberkas sinar-X dapat dihamburkan (diserap dan dipancarkan kembali) oleh atom-atom individu dalam sebuah kristal, dan gelombang-gelombang yang dihamburkan

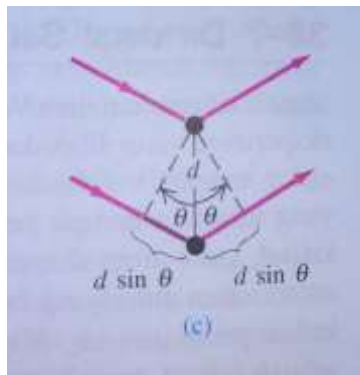
itu dapat berinterferensi persis menyerupai gelombang-gelombang dari sebuah kisi difraksi. Eksperimen pertama difraksi sinar-X (XRD) dilakukan pada tahun 1912 oleh Friedrich, Knipping, dan von Laue dengan susunan eksperimen seperti pada Gambar 3. Eksperimen ini membuktikan bahwa sinar-X adalah gelombang, atau setidaknya bersifat menyerupai gelombang, dan atom-atom dalam sebuah kristal disusun dalam sebuah pola yang teratur. Sejak saat itu difraksi sinar-X telah terbukti sebagai sebuah alat penelitian yang sangat penting untuk mempelajari struktur kristal.



Gambar 3. Dalam sebuah eksperimen difraksi sinar-X.



Gambar 4. Interferensi gelombang-gelombang dari atom-atom yang berdekatan dalam sebuah barisan.



Gambar 5. Interferensi dari barisan-barisan yang berdekatan.

Panjang lintasan (Gambar 4) dari sumber ke pengamat adalah sama untuk semua penghambur dalam sebuah barisan tunggal jika kedua sudut  $\theta_a$  dan  $\theta_r$  adalah sama. Radiasi yang dihamburkan dari barisan-barisan yang berdekatan adalah juga sefasa jika selisih lintasan untuk baris-baris yang



berdekatan adalah kelipatan bilangan bulat. Gambar 5 memperlihatkan bahwa selisih lintasan ini adalah  $2d \sin \theta$ , dimana  $\theta$  adalah nilai dari  $\theta_a$  dan  $\theta_r$ . Maka syarat agar radiasi dari keseluruhan susunan mencapai pengamat itu sefasa adalah i) sudut datang harus sama dengan sudut hamburan dan ii) selisih lintasan untuk barisan–barisan yang berdekatan harus sama dengan  $m\lambda$  dimana  $m$  adalah bilangan bulat. Syarat kedua dengan persamaan

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad (2)$$

Dengan ( $m = 1, 2, 3, \dots$ ) adalah syarat Bragg untuk interferensi dari sebuah susunan (Freedman, dan Young, 2003).

Apabila suatu bahan dikenai sinar-X maka intensitas sinar-X yang ditransmisikan lebih kecil dari intensitas sinar datang. Hal ini disebabkan adanya penyerapan oleh bahan dan juga penghamburan oleh atom-atom dalam material tersebut. Berkas sinar yang dihantarkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasenya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasenya sama. Berkas sinar-X yang saling menguatkan disebut sebagai berkas difraksi (Widada, 2016: 19).

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

#### **1. Waktu penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli 2016 sampai dengan April 2017.

#### **2. Tempat Penelitian**

- a. Pembuatan lapisan dilakukan di Laboratorium Fisika Koloid Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- b. Pengukuran hambatan pada lapisan dilakukan di Laboratorium Spektroskopi Lantai 2 Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta (FMIPA UNY).
- c. Pengujian menggunakan XRD dilakukan di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- d. Pengujian absorbansi lapisan dengan spektrofotometer UV–Vis dilakukan di Laboratorium MIPA Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret .

### **B. Variabel Penelitian**

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel bebas

Variabel yang jika diubah maka akan mempengaruhi variabel lain.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah lapisan bahan yaitu lapisan  $\text{SnO}_2$ , lapisan C, dan lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ .

2. Variabel terikat

Variabel yang nilainya merupakan akibat dari perubahan variabel bebas.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai hambatan, absorpsi dan kristalinitas lapisan.

3. Variabel kontrol

Variabel yang dibuat tetap. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah waktu, massa dan luas sebaran  $\text{SnCl}_2$  yang dipanaskan.

### **C. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian ini adalah: Eksperimen ini menggunakan metode pengasapan karbon untuk membuat lapisan C, pemanasan  $\text{SnCl}_2$  untuk membuat lapisan  $\text{SnO}_2$ , dan penggabungan kedua metode tersebut untuk membuat lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ . Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai hambatan, absorpsi dan kristalinitas lapisan pada ketiga lapisan tersebut.

### **D. Alat dan Bahan Penelitian**

1. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a. kaca preparat (1 kotak),
- b. penjepit preparat (2 buah),
- c. kasa asbes (1 buah),
- d. kompor listrik (1 buah),
- e. timbangan digital (1 buah),
- f. stopwatch (1 buah),
- g. multimeter digital (2 buah),
- h. penggaris (1 buah),
- i. senter (1 buah),
- j. lux meter (1 buah),
- k. power supply (1 buah),
- l. statif (1 buah),
- m. kaca penyaring cahaya merah, orange, kuning hijau terang, hijau gelap, biru dan ungu.

2. Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a.  $\text{SnCl}_2$ ,
- b. lampu teplok sebagai penghasil carbon (1 buah),
- c. aquades (2 liter),
- d. tisu (1 pak),
- e. korek (1 buah),
- f. minyak tanah.

## E. Langkah Kerja

### 1. Pembuatan lapisan $\text{SnO}_2$ , lapisan C, dan lapisan $\text{C}+\text{SnO}_2$ pada preparat.

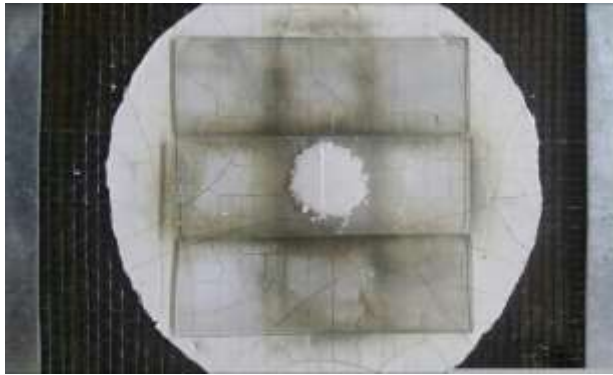
#### a. Pembuatan lapisan $\text{SnO}_2$

- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Menyalakan kompor listrik hingga bersuhu  $350^\circ\text{C}$ .
- c) Menimbang  $\text{SnCl}_2$  dengan massa 2 gram.
- d) Meletakkan preparat diatas kertas dengan gambar lingkaran berdiameter 1cm, dan meratakan  $\text{SnCl}_2$  sesuai dengan gambar lingkaran
- e) Meletakkan sebuah preparat lain di atas preparat yang berisi  $\text{SnCl}_2$



Gambar 6. Susunan preparat dan  $\text{SnCl}_2$ .

- f) Meletakkan tumpukan dua preparat yang tengahnya sudah diberi  $\text{SnCl}_2$  di atas kasa asbes.
- g) Meletakkan dua buah preparat lain di samping tumpukan preparat yang tengahnya sudah diberi  $\text{SnCl}_2$  (Gambar 7).



Gambar 7. Posisi penataan preparat di atas kaca untuk membuat lapisan  $\text{SnO}_2$ .

- h) Memanaskan di atas kompor listrik dengan waktu 10 menit.



Gambar 8. Kompor listrik yang digunakan untuk membuat lapisan.

b. Pelapisan C

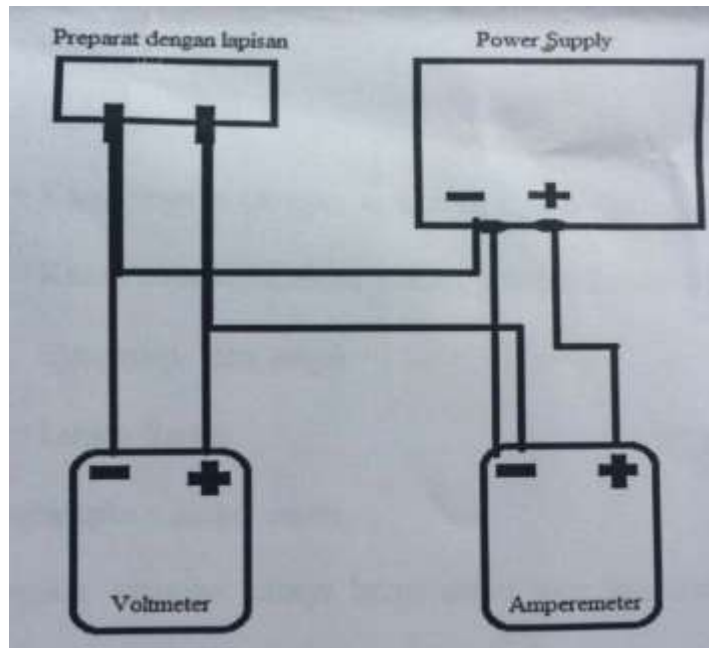
- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Menyalakan teplok dengan korek api.

- c) Mengatur penempatan preparat diatas teplok agar preparat terlapisi oleh karbon jelaga .

c. Pelapisan C+SnO<sub>2</sub>

- a) Membersihkan kaca preparat menggunakan aquades lalu mengelapnya dengan tisu agar kering.
- b) Melapisi kaca preparat dengan karbon sesuai dengan langkah pembuatan lapisan karbon diatas.
- c) Menimbang SnCl<sub>2</sub> dengan massa 2 gram.
- d) Menyalakan kompor listrik hingga bersuhu 350° C.
- e) Meletakkan preparat diatas kertas dengan gambar lingkaran berdiameter 1cm.
- f) Meletakkan SnCl<sub>2</sub> di atas preparat sesuai dengan gambar lingkaran berdiameter 1 cm.
- g) Meletakkan sebuah preparat lain di atas preparat yang berisi SnCl<sub>2</sub>.
- h) Meletakkan dua buah preparat yang telah dilapisi karbin di samping tumpukan preparat yang tengahnya sudah diberi SnCl<sub>2</sub>.
- i) Memanaskan dengan waktu 10 menit.

2. Pengukuran nilai resistansi pada preparat dengan lapisan C, lapisan  $\text{SnO}_2$  dan lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ 
  - a. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan.
  - b. Mengeset rangkaian seperti pada skema



Gambar 9. Skema rangkaian

- c. Mengukur nilai tegangan dan arus yang tertera pada voltmeter dan amperemeter dengan menaikkan tegangan power supply tiap 1 volt dengan range 5 volt sampai dengan 26 volt.
    - d. Mencatat hasilnya
3. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada preparat dengan lapisan C, lapisan  $\text{SnO}_2$ , dan lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ .

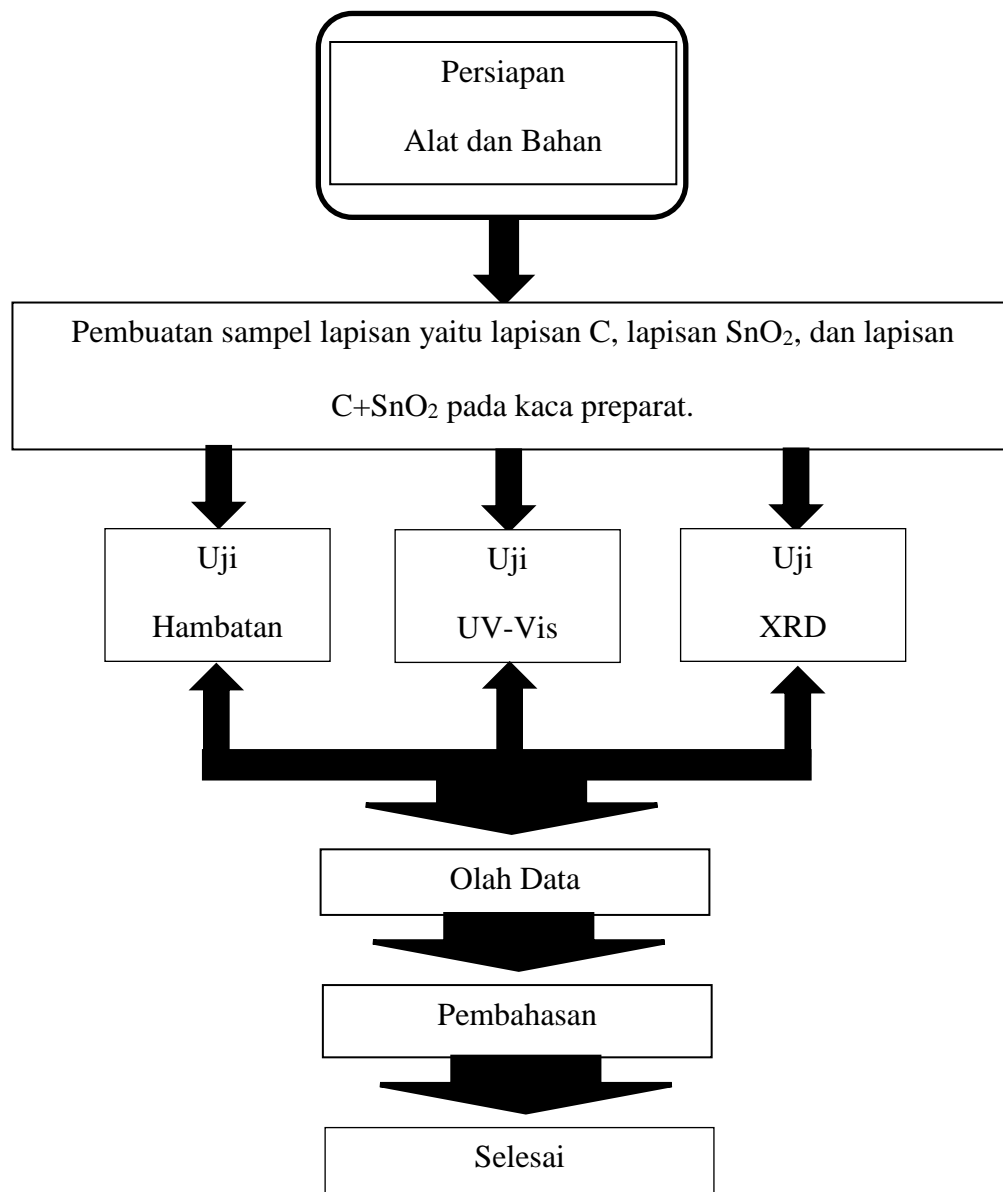


Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas objek penelitian melalui serapan panjang gelombang yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan dari absorbansi partikel yang dapat menyerap panjang gelombang di sekitar panjang gelombang cahaya tampak.

4. Pengujian menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) pada preparat dengan lapisan C, lapisan  $\text{SnO}_2$  dan lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ .

Sampel lapisan yang terdapat pada kaca preparat diuji menggunakan X-ray diffraction (XRD). Tujuan pengujian ini untuk mengetahui struktur material yang dihasilkan, yaitu berupa kristal atau amorf. Jika sampel tersebut kristal maka akan menunjukkan peak-peak tertentu. Namun jika sampel tersebut berupa amorf maka peak-peak tersebut tidak muncul.

## F. Diagram Alir



Gambar 10. Diagram alir tahap penellitian.

## **BAB IV**

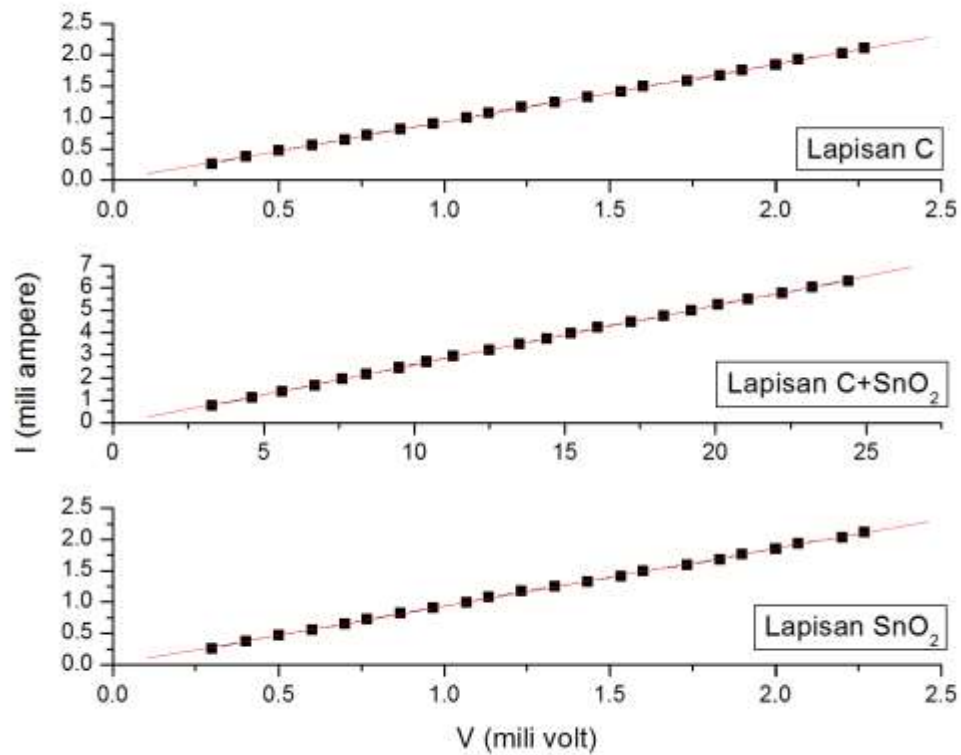
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini lapisan nanomaterial yang digunakan adalah lapisan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub>. Lapisan karbon pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan karbon jelaga yang dihasilkan oleh lampu teplok akibat pembakaran yang tidak sempurna. Karbon jelaga ini dilapiskan tipis pada preparat, sehingga mengecilkan nilai hambatan pada preparat. Lapisan SnO<sub>2</sub> pada penelitian ini dihasilkan dari proses pembakaran SnCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O dengan suhu 350 °C. Pada pembakaran tersebut senyawa H<sub>2</sub>O dan unsur Cl terlepas menjadi uap. Selanjutnya unsur Sn akan berikatan dengan oksigen yang berada di udara, maka terbentuk SnO<sub>2</sub>. Lapisan selanjutnya adalah C+SnO<sub>2</sub>. Pembuatan lapisan ini adalah dengan menambahkan SnO<sub>2</sub> di atas lapisan karbon jelaga. Ketiga lapisan tersebut dibuat dengan cara pembakaran dan pemanasan sederhana.

#### **A. Pengukuran Nilai Hambatan pada Lapisan**

Pada penelitian ini untuk mencari nilai hambatan pada ketiga lapisan dilakukan dengan mengukur nilai arus dan tegangannya. Selanjutnya mencari nilai hambatan dengan perhitungan menggunakan persamaan,

$$V = I \cdot R \tag{2}$$



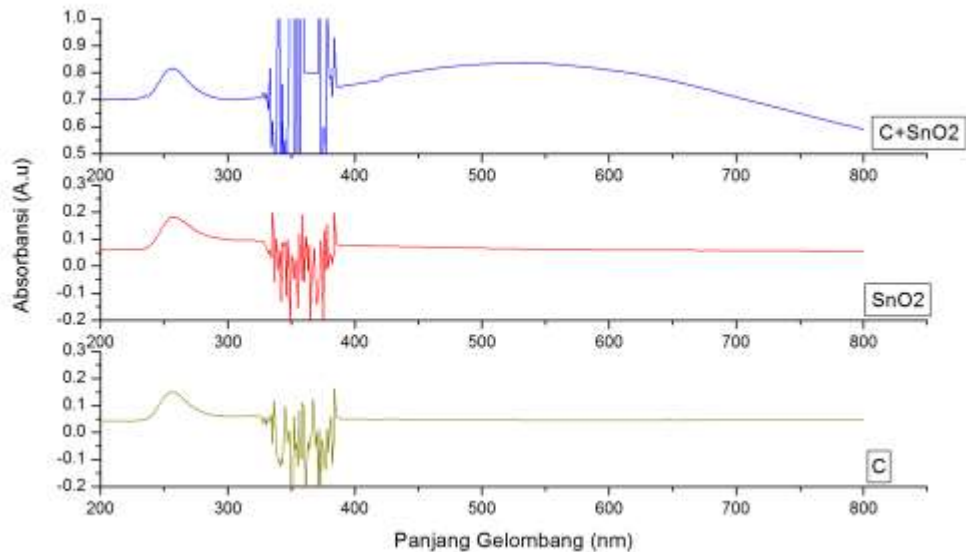
Gambar 11. Grafik hubungan tegangan dengan arus dari lapisan C+SnO<sub>2</sub>, C, SnO<sub>2</sub>.

Dari Gambar 11 terbentuk grafik hubungan antara tegangan dan arus di atas adalah linier. Semakin besar nilai tegangan semakin besar pula nilai arus. Hal tersebut sesuai dengan hukum ohm. Maka dapat diketahui nilai hambatan lapisan C+SnO<sub>2</sub>, C, SnO<sub>2</sub> berturut-turut adalah 3,8875 m $\Omega$ ; 1,0769 m $\Omega$ ; dan 1,0774 m $\Omega$ . Lapisan C+SnO<sub>2</sub> memiliki nilai hambatan yang paling besar. Sedangkan lapisan C dan lapisan SnO<sub>2</sub> memiliki nilai hambatan yang hampir sama dan lebih kecil dari lapisan C+SnO<sub>2</sub>. Dari data yang didapatkan

diketahui bahwa lapisan yang paling baik yang memiliki nilai hambatan paling kecil, yaitu lapisan karbon.

## B. Pengukuran Absorbansi pada Lapisan

Pengujian dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis dilakukan untuk mengetahui absorbansi pada lapisan C,  $\text{SnO}_2$  dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$ . Berdasarkan Gambar 12 absorbansi pada lapisan C, lapisan  $\text{SnO}_2$ , lapisan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  memiliki daya serap maksimum pada daerah UV.



Gambar 12. Grafik absorbansi lapisan C,  $\text{SnO}_2$ , dan  $\text{C}+\text{SnO}_2$  pada daerah UV-Visibel.

Pada Gambar 9 dapat dilihat jika pada daerah UV (250 nm – 300 nm) ketiga lapisan membentuk puncak. Sehingga dianggap bahwa absorbansi maksimal lapisan terdapat pada daerah tersebut. Masih pada daerah UV (300

nm – 400 nm) pada ketiga lapisan tersebut terdapat noise. Selanjutnya pada daerah visibel (400 nm – 800 nm) lapisan C+SnO<sub>2</sub> membentuk bukit, dimana pada bukit tersebut memiliki nilai absorbansi yang lebih tinggi dari pada yang terdapat pada puncak daerah UV yaitu 0.83592 pada panjang gelombang 532 nm. Sedangkan pada lapisan C dan lapisan SnO<sub>2</sub> terjadi penurunan absorbansi pada daerah visibelnya.

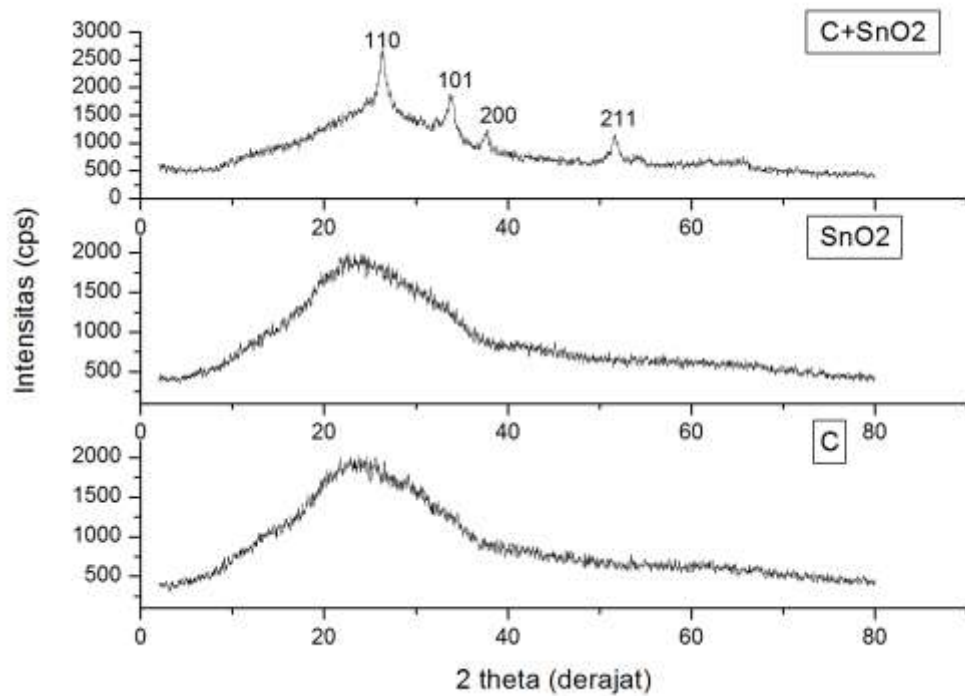
Pada lapisan C nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,1496 pada panjang gelombang 256 nm. Pada lapisan SnO<sub>2</sub> nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,1818 pada panjang gelombang 257 nm. Pada lapisan C+SnO<sub>2</sub> nilai absorbansi maksimalnya sekitar 0,8163 pada panjang gelombang 258 nm. Secara kasat mata ketiga grafik absorbansi tersebut memiliki kemiripan pola pada daerah UV. Hanya saja berbeda pada nilai absorbansi maksimalnya.

Banyaknya kemiripan dari ketiga lapisan tersebut dimungkinkan karena senyawa C dan Sn berada dalam satu golongan (IV A) pada table periodik unsur.

### **C. Karakterisasi Lapisan dengan XRD**

Karakterisasi lapisan menggunakan X – Ray Diffraction (XRD) bertujuan untuk mengkaji struktur kristal dari lapisan yang terbentuk. Data hasil XRD berupa grafik difraktogram yang menunjukkan hubungan antara sudut hamburan ( $2\theta$ ) dengan intensitas (I) puncak spektrum. Jika sampel lapisan yang diuji merupakan kristal maka pada grafik difraktogram akan

menunjukkan *peak-peak*. Pola difraksi yang berupa *peak-peak* merupakan orientasi kristal dari lapisan, yang digunakan untuk menentukan parameter kisi dan ukuran kristal. Tetapi jika sampel yang diuji tidak menunjukkan *peak* melainkan menunjukkan pola difraksi punuk (*hump*) maka sampel tersebut merupakan amorf.



Gambar 13. Grafik hasil XRD lapisan C, SnO<sub>2</sub>, dan C+ SnO<sub>2</sub>.

Hasil pengujian dengan XRD pada lapisan C dan lapisan SnO<sub>2</sub> menunjukkan pola yang mirip pada difraktogram (Gambar 13). Keduanya tidak memiliki *peak-peak* difraksi yang jelas, namun membentuk pola punukan (*hump*). Pola tersebut menunjukkan bahwa lapisan tersebut adalah amorf.

Akan tetapi pada lapisan C+SnO<sub>2</sub> menunjukkan pola difraktogram yang berbeda. Lapisan C+SnO<sub>2</sub> ini merupakan gabungan dari lapisan C yang di atasnya dilapisi dengan lapisan SnO<sub>2</sub>. Hasil XRD lapisan C+SnO<sub>2</sub> memperlihatkan adanya peak-peak tertentu pada difraktogram, dengan itu maka dapat dipastikan bahwa lapisan C+SnO<sub>2</sub> merupakan kristal. Hasil XRD lapisan C+SnO<sub>2</sub> pada difraktogram lalu dibandingkan dengan data standar JCPDS. Lapisan tersebut memiliki kecocokan dengan data standar JCPDS senyawa Tin Oksida (SnO<sub>2</sub>) dengan nomor 77-0450. Kecocokan tersebut dapat dilihat dari nilai peak tertingginya yang sama-sama berada pada kisaran sudut 26°. Dari Hasil XRD didapatkan struktur dari SnO<sub>2</sub> adalah rutile tetragonal (Hermida, dkk. 2012). Hal tersebut didukung dengan data standar JCPDS yang menunjukkan bahwa SnO<sub>2</sub> memiliki parameter kisi  $a = b \neq c$ . SnO<sub>2</sub> juga dikenal sebagai salah satu semikonduktor yang memiliki sifat konduktivitas yang rendah, namun sifat ini dapat di tingkatkan dengan penambahan doping atau pengotor. Selain itu SnO<sub>2</sub> memiliki struktur berpori dan stabil dalam keadaan asam (Adawiyah, Siti R.2017:10). Sehingga dapat dilakukan pembandingan data.



Tabel 1. Tabel Perbandingan JCPDS dan hasil XRD.

| No. | Hkl | JCPDS     |                | XRD       |                |
|-----|-----|-----------|----------------|-----------|----------------|
|     |     | $2\theta$ | Intensitas (%) | $2\theta$ | Intensitas (%) |
| 1   | 110 | 26,542    | 100            | 26,89     | 100            |
| 2   | 101 | 33,808    | 76,7           | 33,86     | 60,72          |
| 3   | 200 | 37,887    | 20,9           | 37,68     | 20,43          |
| 4   | 211 | 51,675    | 53,1           | 51,6863   | 96,97          |

Tabel 1 menunjukkan data standar JCPDS dan hasil dari XRD. Dari tabel tersebut dapat dilihat jika 4 *peak* yang muncul pada difaktogram lapisan C+SnO<sub>2</sub> menunjukkan kisaran sudut yang sama dengan *peak* pada JCPDS, yaitu pada sudut 26 °, 33 °, 37 °, 51 °. Kisaran yang sama tersebut bukan berarti berada pada sudut yang sama persis, akan tetapi mendekati atau mirip. Hasil XRD menunjukkan *peak* tertinggi berada pada sudut 26,89 ° sedangkan data standar JCPDS menunjukkan 26,542 °. Kedua sudut tersebut sama-sama memiliki intensitas 100%. *Peak* kedua pada hasil XRD berada pada sudut 33,86 ° dengan intensitas 60,72% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut 33,808° dengan intensitas 76,7%. Perbedaan intensitas *peak* kedua pada data hasil XRD dan data standar JCPDS dengan selisih intensitas sebesar 15,98%. *Peak* ketiga pada hasil XRD berada pada sudut 37,68° dengan intensitas 20,43% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut

37,887 ° dengan intensitas 20,9%. Perbedaan intensitas *peak* ketiga pada data hasil XRD dan data standar JCPDS tidak begitu besar, yakni 0,47%. *Peak* keempat pada hasil XRD berada pada sudut 51,6863 ° dengan intensitas 96,97% sedangkan pada data standar JCPDS berada pada sudut 51,675 ° dengan intensitas 53,1%. Perbedaan intensitas *peak* keempat pada data hasil XRD dan data standar JCPDS dengan selisih intensitas sebesar 43,87%. Pada *peak* keempat ini menunjukkan perbedaan intensitas yang paling besar. Perbedaan intensitas yang begitu besar pada *peak* keempat mungkin terjadi karena adanya pengaruh dari unsur lain yaitu karbon.

## **BAB V PENUTUP**

### **A. KESIMPULAN**

Berdasarkan analisis data, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai hambatan pada lapisan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> sebagai material TCO secara berturut – turut adalah 1,0769 mΩ; 1,0774 mΩ; dan 3,8875 mΩ.
2. Nilai absorbansi lapisan bahan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis berturut – turut adalah 0,1496; 0,1818; dan 0,8163. Ketiga nilai absorbansi maksimal berada pada daerah UV.
3. Hasil karakterisasi lapisan C, SnO<sub>2</sub> dan C+SnO<sub>2</sub> menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan bahwa lapisan C dan lapisan SnO<sub>2</sub> merupakan amorf sedangkan lapisan C+SnO<sub>2</sub> merupakan kristal.

### **B. SARAN**

Penggunaan kompor listrik sebaiknya diganti dengan *hot plate*, karna memiliki suhu yang lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Muqtaf N.(2016). Perbedaan Nilai Hambatan Sampel Hasil Preparasi dan Sintesis Lapisan *Very Fine Particle* Karbon yang Dilapisi Nanomaterial  $\text{SnO}_2$  Berbasis Mechanical Exfoliation dengan Variasi Jari – Jari dan Massa Bahan  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta : Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- Abdullah, Mikrajuddin.(2008). Pengantar Nanosains. Institut Teknologi Bandung : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Adawiyah, Siti R.(2017). Sintesis dan Karakterisasi Partikel Nano  $\text{TiO}_2$  dengan Metode Sol-gel dan Ko-presipitasi Untuk Pembuatan Komposit  $\text{TiO}_2/\text{SnO}_2$  Sebagai Fotoanoda Dye-Sensitized Solar Cells (Dssc) (Tesis). Institut Teknologi Sepuluh November : Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- Alfiyani, Reni. (2017). Jurnal Praktikum Analitik III Spektroskopi Uv-Vis. UNESA : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Anonim. Hambatan – Resistensi adalah | Pengertian dan Definisi. Diakses dari <http://www.kamusq.com/2012/10/hambatan-resistensi-adalah-pengertian.html>. Pada tanggal 5 Juni 2017 pukul 23.50 WIB.
- Anonim. BAB II TINJAUAN PUSTAKA :  $\text{SnO}_2$ . Diakses dari [http://aresearch.upi.edu/operator/upload/bab\\_ii.pdf](http://aresearch.upi.edu/operator/upload/bab_ii.pdf). Pada 8 Juni 2017 pukul 22.19 WIB.

Beiser, A. (1992). *Konsep Fisika Modern*. Edisi keempat (Ahli Bahasa: DR. The Houw Liong) Jakarta: Erlangga.

Blocher, R. (2004). *Dasar Elektronika*. Yogyakarta: Andi Offset.

Dengyuan, Song (2005). *Zinc Oxide TCOs (Transparent Conductive Oxides) And Polycrystalline Silicon Thin-Films For Photovoltaic Applications*. Tesis Doktor pada University of New South Wales.

Freedman, dan Young. (2003). *Sears dan Zemansky Fisika Universitas* : Edisi Kesepuluh Jilid 2. Jakarta : Erlangga.

Hermida, dkk. (2012). *Karakterisasi Sensor Gas Co Berbasis Bahan  $\text{SnO}_2$  Dengan Metoda Solgel Menggunakan Teknologi Film Tebal* (ISSN 1412 – 3762). <http://jurnal.upi.edu/electrans>.

Khopkar, S. M. (1990). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.

Sitorus, M.(2009). *Spektroskopi Elusidasi Struktur Molekul Organik Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu

Stadler, Andreas. 2012. *Transparent Conducting Oxides-An Up- To- Date Overview*. *Materials* 2012, 5, 661-685; doi:10.3390/ma5040661. Hlm. 665

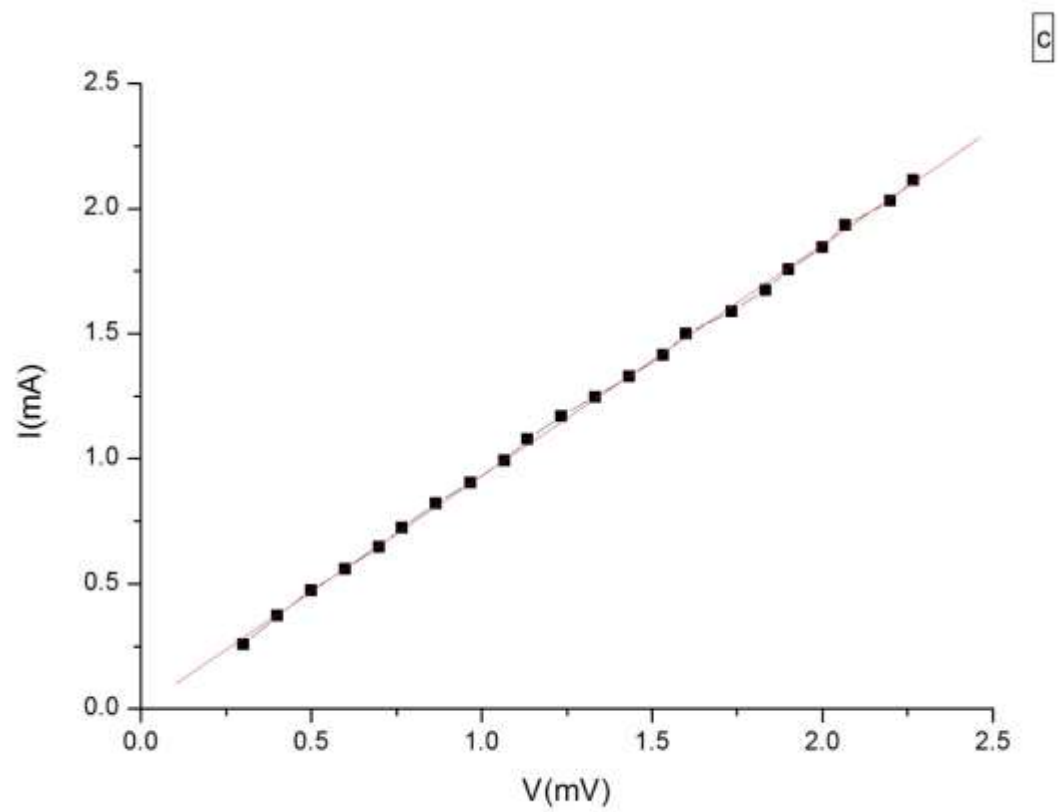
Syuhada, dkk.(2008). *Pembuatan Konduktor Transparan Thin Film  $\text{SnO}_2$  dengan Menggunakan Teknik Spray Pyrolysis*(Jurnal). LIPI : Pusat Penelitian Fisika.

- Tiwari, Jitendra. N., Rajanish N. Tiwari, & Kwang S. Kim. (2012). *Zero-Dimensional, One- Dimensional, Two- Dimensional, Three Dimensional nanostructure materials for advanced electrochemical energy devices*. Progress in Materials Science 57 (2012) 724-803. Hlm. 726-729.
- Puspitaningrum, Tyas.(2017). Penentuan *Band Gap* Dan Konduktivitas Bahan Semikonduktor Lapisan Tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  Dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  Hasil Preparasi Dengan Teknik Evaporasi Termal(skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- Widada, Yuwana.(2016). Pengaruh Variasi Variaaasi Suhu Pemanasan Gerabah Dengan Penambahan Nanopartikel Perak Terhadap Uji Porositas dan Kuat Tekan Gerabah(skripsi).Universitas Negeri Yogyakarta: Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika.
- W.S. Brams Dwandaru. (2012). Aplikasi Nanosains dalam Berbagai Bidang Kehidupan: Nanoteknologi. *Prosiding*. Laboratorium Fisika Teori dan Komputasi, Jurusan Pendidikan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.

# LAMPIRAN 1. Pengukuran Hambatan.

## Pengukuran Hambatan Pada Lapisan C

| Vps | Vm  | Im   | Vm  | Im   | Vm  | Im   | Vrata    | Irata    |
|-----|-----|------|-----|------|-----|------|----------|----------|
| 5   | 0.3 | 0.26 | 0.3 | 0.26 | 0.3 | 0.25 | 0.3      | 0.256667 |
| 6   | 0.4 | 0.38 | 0.4 | 0.37 | 0.4 | 0.37 | 0.4      | 0.373333 |
| 7   | 0.5 | 0.48 | 0.5 | 0.47 | 0.5 | 0.47 | 0.5      | 0.473333 |
| 8   | 0.6 | 0.56 | 0.6 | 0.56 | 0.6 | 0.56 | 0.6      | 0.56     |
| 9   | 0.7 | 0.64 | 0.7 | 0.64 | 0.7 | 0.66 | 0.7      | 0.646667 |
| 10  | 0.8 | 0.73 | 0.8 | 0.72 | 0.7 | 0.72 | 0.766667 | 0.723333 |
| 11  | 0.9 | 0.82 | 0.9 | 0.82 | 0.8 | 0.82 | 0.866667 | 0.82     |
| 12  | 1   | 0.91 | 1   | 0.9  | 0.9 | 0.9  | 0.966667 | 0.903333 |
| 13  | 1.1 | 1    | 1.1 | 0.99 | 1   | 0.99 | 1.066667 | 0.993333 |
| 14  | 1.2 | 1.08 | 1.1 | 1.07 | 1.1 | 1.08 | 1.133333 | 1.076667 |
| 15  | 1.3 | 1.17 | 1.2 | 1.17 | 1.2 | 1.17 | 1.233333 | 1.17     |
| 16  | 1.4 | 1.25 | 1.3 | 1.25 | 1.3 | 1.24 | 1.333333 | 1.246667 |
| 17  | 1.5 | 1.34 | 1.4 | 1.33 | 1.4 | 1.32 | 1.433333 | 1.33     |
| 18  | 1.6 | 1.42 | 1.5 | 1.41 | 1.5 | 1.41 | 1.533333 | 1.413333 |
| 19  | 1.7 | 1.51 | 1.6 | 1.51 | 1.5 | 1.48 | 1.6      | 1.5      |
| 20  | 1.8 | 1.6  | 1.7 | 1.59 | 1.7 | 1.58 | 1.733333 | 1.59     |
| 21  | 1.9 | 1.68 | 1.8 | 1.67 | 1.8 | 1.67 | 1.833333 | 1.673333 |
| 22  | 2   | 1.76 | 1.9 | 1.76 | 1.8 | 1.75 | 1.9      | 1.756667 |
| 23  | 2.1 | 1.86 | 2   | 1.84 | 1.9 | 1.84 | 2        | 1.846667 |
| 24  | 2.1 | 1.95 | 2.1 | 1.93 | 2   | 1.92 | 2.066667 | 1.933333 |
| 25  | 2.3 | 2.06 | 2.2 | 2.02 | 2.1 | 2.01 | 2.2      | 2.03     |
| 26  | 2.3 | 2.13 | 2.3 | 2.11 | 2.2 | 2.1  | 2.266667 | 2.113333 |

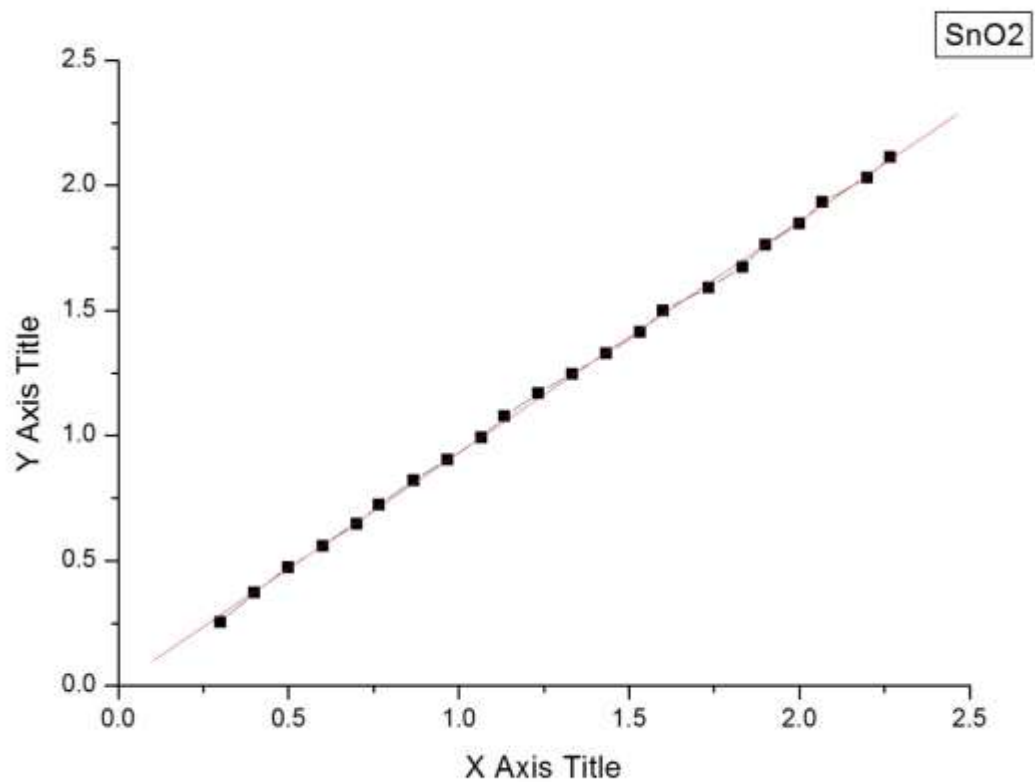


| Parameter | Value   | Error   |         |  |
|-----------|---------|---------|---------|--|
| -----     |         |         |         |  |
| A         | 0.0069  | 0.00742 |         |  |
| B         | 0.92421 | 0.00521 |         |  |
| -----     |         |         |         |  |
| R         | SD      | N       | P       |  |
| -----     |         |         |         |  |
| 0.99968   | 0.01455 | 22      | <0.0001 |  |



# Pengukuran Hambatan Pada Lapisan SnO<sub>2</sub>

| Vps | Vm  | Im   | Vm  | Im   | Vm  | Im   | Vrata2 | Irata2 |
|-----|-----|------|-----|------|-----|------|--------|--------|
| 5   | 1.2 | 0.26 | 1.1 | 0.27 | 1   | 0.25 | 3.3    | 0.78   |
| 6   | 1.7 | 0.37 | 1.5 | 0.38 | 1.4 | 0.38 | 4.6    | 1.13   |
| 7   | 2   | 0.46 | 1.8 | 0.47 | 1.8 | 0.48 | 5.6    | 1.41   |
| 8   | 2.4 | 0.55 | 2.2 | 0.56 | 2.1 | 0.57 | 6.7    | 1.68   |
| 9   | 2.7 | 0.64 | 2.5 | 0.66 | 2.4 | 0.66 | 7.6    | 1.96   |
| 10  | 3.1 | 0.71 | 2.7 | 0.72 | 2.6 | 0.73 | 8.4    | 2.16   |
| 11  | 3.5 | 0.82 | 3.1 | 0.81 | 2.9 | 0.82 | 9.5    | 2.45   |
| 12  | 3.8 | 0.9  | 3.4 | 0.9  | 3.2 | 0.9  | 10.4   | 2.7    |
| 13  | 4.1 | 0.98 | 3.7 | 0.99 | 3.5 | 0.99 | 11.3   | 2.96   |
| 14  | 4.5 | 1.07 | 4.1 | 1.08 | 3.9 | 1.08 | 12.5   | 3.23   |
| 15  | 4.9 | 1.16 | 4.4 | 1.17 | 4.2 | 1.17 | 13.5   | 3.5    |
| 16  | 5.2 | 1.24 | 4.7 | 1.26 | 4.5 | 1.24 | 14.4   | 3.74   |
| 17  | 5.5 | 1.32 | 5   | 1.34 | 4.7 | 1.32 | 15.2   | 3.98   |
| 18  | 5.8 | 1.41 | 5.3 | 1.41 | 5   | 1.41 | 16.1   | 4.23   |
| 19  | 6.2 | 1.49 | 5.6 | 1.49 | 5.4 | 1.5  | 17.2   | 4.48   |
| 20  | 6.6 | 1.58 | 6   | 1.58 | 5.7 | 1.58 | 18.3   | 4.74   |
| 21  | 6.9 | 1.67 | 6.3 | 1.67 | 6   | 1.66 | 19.2   | 5      |
| 22  | 7.2 | 1.75 | 6.6 | 1.75 | 6.3 | 1.76 | 20.1   | 5.26   |
| 23  | 7.6 | 1.83 | 6.9 | 1.84 | 6.6 | 1.84 | 21.1   | 5.51   |
| 24  | 8   | 1.92 | 7.3 | 1.92 | 6.9 | 1.92 | 22.2   | 5.76   |
| 25  | 8.3 | 2.01 | 7.6 | 2.01 | 7.3 | 2.02 | 23.2   | 6.04   |
| 26  | 8.7 | 2.1  | 8   | 2.1  | 7.7 | 2.12 | 24.4   | 6.32   |

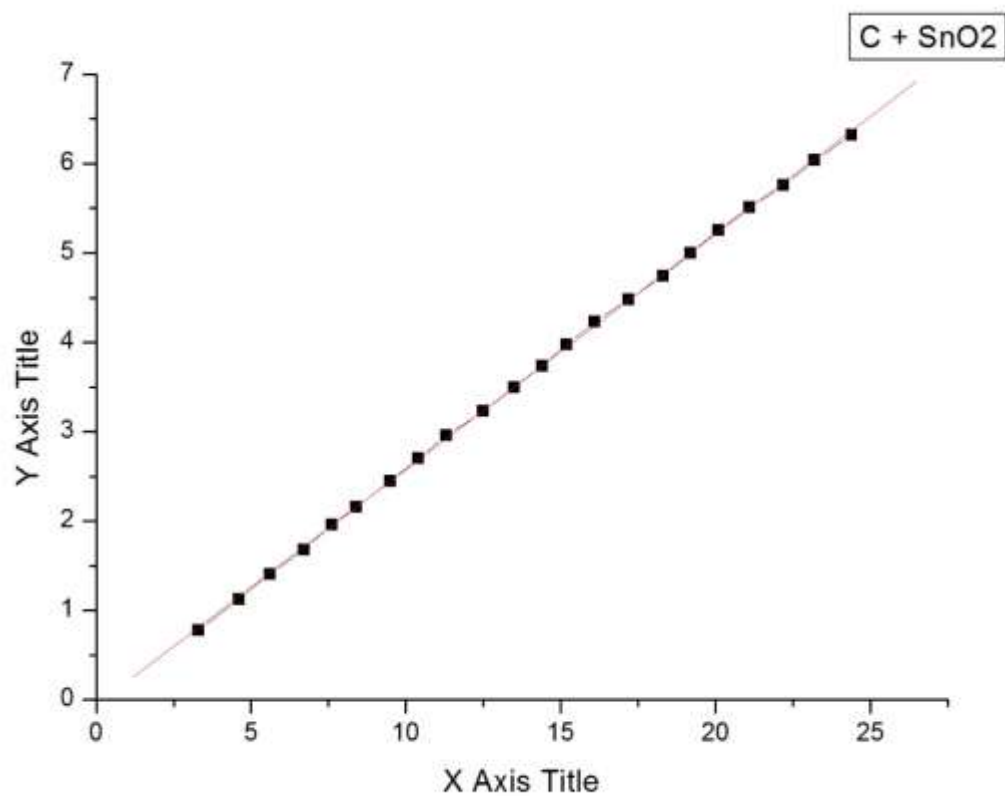


| Parameter | Value   | Error   |
|-----------|---------|---------|
| -----     |         |         |
| A         | 0.00583 | 0.00755 |
| B         | 0.92515 | 0.0053  |
| -----     |         |         |

| R       | SD     | N  | P       |
|---------|--------|----|---------|
| -----   |        |    |         |
| 0.99967 | 0.0148 | 22 | <0.0001 |

Pengukuran Hambatan Pada Lapisan C+SnO<sub>2</sub>

| Vps | Vm  | Im   | Vm  | Im   | Vm  | Im   | V rata2  | I rata2  |
|-----|-----|------|-----|------|-----|------|----------|----------|
| 5   | 0.3 | 0.25 | 0.3 | 0.26 | 0.3 | 0.25 | 0.3      | 0.253333 |
| 6   | 0.4 | 0.38 | 0.4 | 0.37 | 0.4 | 0.37 | 0.4      | 0.373333 |
| 7   | 0.5 | 0.48 | 0.5 | 0.47 | 0.5 | 0.47 | 0.5      | 0.473333 |
| 8   | 0.6 | 0.56 | 0.6 | 0.56 | 0.6 | 0.56 | 0.6      | 0.56     |
| 9   | 0.7 | 0.64 | 0.7 | 0.64 | 0.7 | 0.66 | 0.7      | 0.646667 |
| 10  | 0.8 | 0.73 | 0.8 | 0.72 | 0.7 | 0.72 | 0.766667 | 0.723333 |
| 11  | 0.9 | 0.82 | 0.9 | 0.82 | 0.8 | 0.82 | 0.866667 | 0.82     |
| 12  | 1   | 0.91 | 1   | 0.9  | 0.9 | 0.9  | 0.966667 | 0.903333 |
| 13  | 1.1 | 1    | 1.1 | 0.99 | 1   | 0.99 | 1.066667 | 0.993333 |
| 14  | 1.2 | 1.08 | 1.1 | 1.07 | 1.1 | 1.08 | 1.133333 | 1.076667 |
| 15  | 1.3 | 1.17 | 1.2 | 1.17 | 1.2 | 1.17 | 1.233333 | 1.17     |
| 16  | 1.4 | 1.25 | 1.3 | 1.25 | 1.3 | 1.24 | 1.333333 | 1.246667 |
| 17  | 1.5 | 1.34 | 1.4 | 1.33 | 1.4 | 1.32 | 1.433333 | 1.33     |
| 18  | 1.6 | 1.42 | 1.5 | 1.41 | 1.5 | 1.41 | 1.533333 | 1.413333 |
| 19  | 1.7 | 1.51 | 1.6 | 1.51 | 1.5 | 1.48 | 1.6      | 1.5      |
| 20  | 1.8 | 1.6  | 1.7 | 1.59 | 1.7 | 1.58 | 1.733333 | 1.59     |
| 21  | 1.9 | 1.68 | 1.8 | 1.67 | 1.8 | 1.67 | 1.833333 | 1.673333 |
| 22  | 2   | 1.78 | 1.9 | 1.76 | 1.8 | 1.75 | 1.9      | 1.763333 |
| 23  | 2.1 | 1.86 | 2   | 1.84 | 1.9 | 1.84 | 2        | 1.846667 |
| 24  | 2.1 | 1.95 | 2.1 | 1.93 | 2   | 1.92 | 2.066667 | 1.933333 |
| 25  | 2.3 | 2.06 | 2.2 | 2.02 | 2.1 | 2.01 | 2.2      | 2.03     |
| 26  | 2.3 | 2.13 | 2.3 | 2.11 | 2.2 | 2.1  | 2.266667 | 2.113333 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|-------|-------|
|-----------|-------|-------|

|   |          |         |
|---|----------|---------|
| A | -0.05587 | 0.01317 |
|---|----------|---------|

|   |         |            |
|---|---------|------------|
| B | 0.26328 | 8.66932E-4 |
|---|---------|------------|

| R | SD | N | P |
|---|----|---|---|
|---|----|---|---|

|         |         |    |         |
|---------|---------|----|---------|
| 0.99989 | 0.02529 | 22 | <0.0001 |
|---------|---------|----|---------|

## LAMPIRAN 2. Hasil X – Ray Diffraction.

### General information

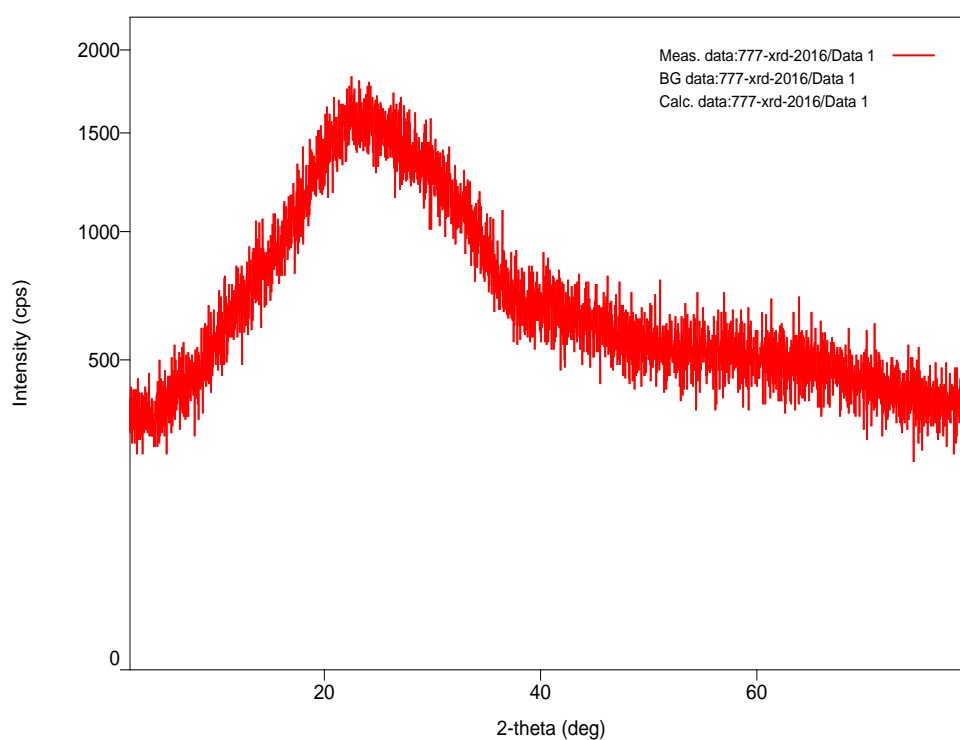
Analysis date 2016/11/23 09:38:17

Sample name SnO<sub>2</sub> Measurement date 2016/11/23 09:28:31

File name 777-xrd-2016.ras Operator Administrator

Comment

### Measurement profile



### Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.) | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|---------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1   | 24.133       | 3.68481 | 190603      | 0.1       | 193.207         | 0.001014    | 1            |

## General information

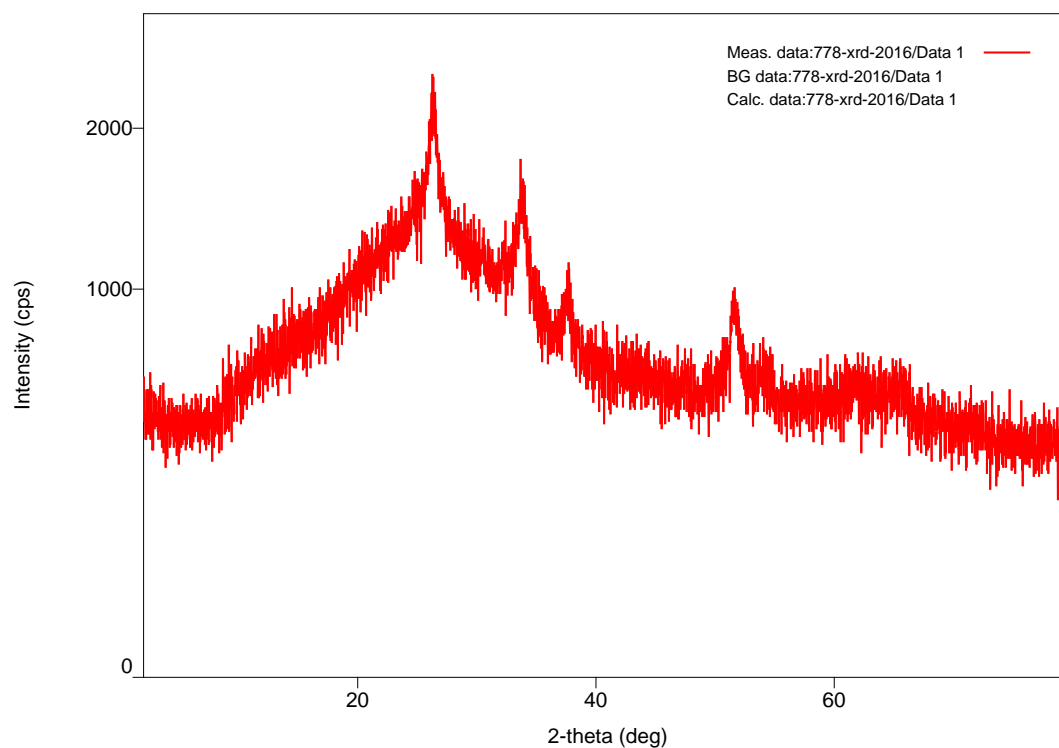
Analysis date 2016/11/23 09:29:49

Sample name C+SnO<sub>2</sub> Measurement date 2016/11/23 09:01:48

File name 778-xrd-2016.ras Operator administrator

Comment

## Measurement profile



## Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.)  | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|----------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1   | 26.39(4)     | 3.374(5) | 891(86)     | 3.39(9)   | 6431(101)       | 7.2(8)      | 1.59(11)     |
| 2   | 33.86(3)     | 2.645(2) | 541(67)     | 1.29(8)   | 1490(75)        | 2.8(5)      | 2.4(2)       |
| 3   | 37.68(11)    | 2.385(7) | 182(39)     | 1.0(2)    | 382(28)         | 2.1(6)      | 2.1(14)      |
| 4   | 51.6836      | 1.76719  | 864.776     | 1.29497   | 783.523         | 0.906042    | 2.09976      |

## General information

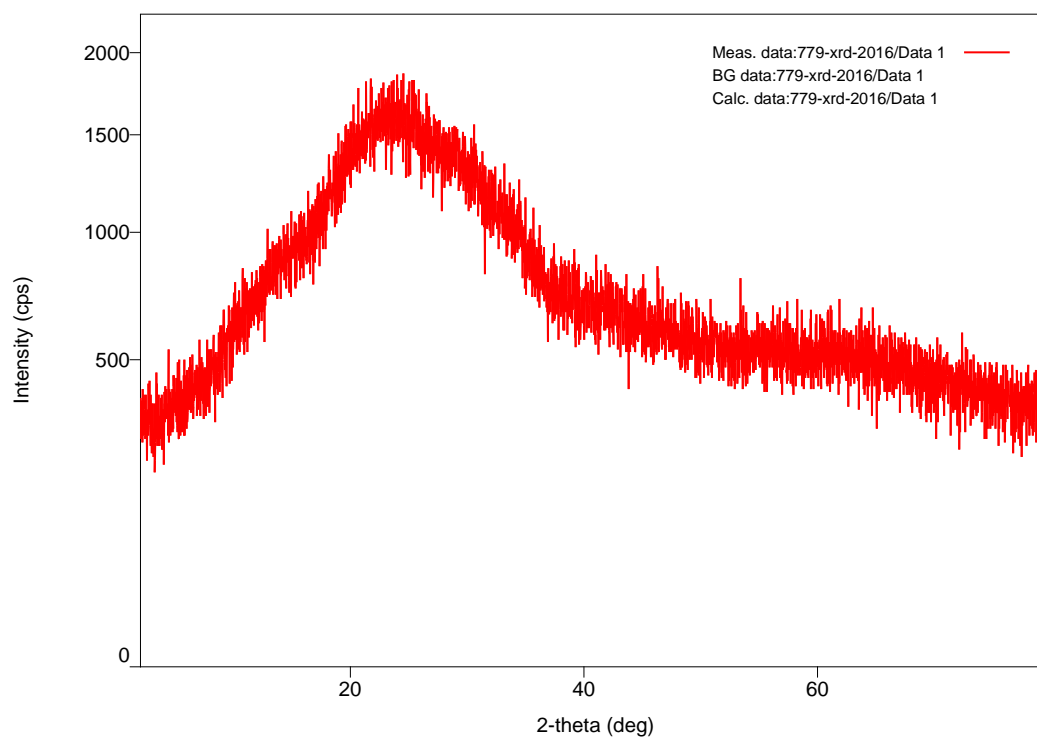
Analysis date 2016/11/23 09:31:30

Sample name C Measurement date 2016/11/23 09:11:28

File name 779-xrd-2016.ras Operator administrator

Comment

## Measurement profile



## Peak list

| No. | 2-theta(deg) | d(ang.) | Height(cps) | FWHM(deg) | Int. I(cps deg) | Int. W(deg) | Asym. factor |
|-----|--------------|---------|-------------|-----------|-----------------|-------------|--------------|
| 1   | 23.7207      | 3.7479  | 272376      | 0.1       | 230.555         | 0.000846457 | 1            |

LAMPIRAN 3. Hasil Uji Spektrofotometer UV – Vis.  
Absorbansi Lapisan

| $\lambda$ | C       | SnO <sub>2</sub> | C+SnO <sub>2</sub> |
|-----------|---------|------------------|--------------------|
| 200       | 0.04399 | 0.05964          | 0.69942            |
| 201       | 0.04302 | 0.05875          | 0.69924            |
| 202       | 0.04287 | 0.06027          | 0.70135            |
| 203       | 0.04274 | 0.05956          | 0.70098            |
| 204       | 0.04347 | 0.05795          | 0.69791            |
| 205       | 0.04227 | 0.06015          | 0.70486            |
| 206       | 0.04198 | 0.05922          | 0.70061            |
| 207       | 0.04242 | 0.05888          | 0.70041            |
| 208       | 0.04323 | 0.05839          | 0.69879            |
| 209       | 0.04226 | 0.05912          | 0.7021             |
| 210       | 0.04276 | 0.06002          | 0.70147            |
| 211       | 0.04248 | 0.05997          | 0.70489            |
| 212       | 0.04291 | 0.05953          | 0.70383            |
| 213       | 0.04185 | 0.05974          | 0.7007             |
| 214       | 0.04288 | 0.05981          | 0.70285            |
| 215       | 0.04313 | 0.05992          | 0.70274            |
| 216       | 0.04231 | 0.06008          | 0.70459            |
| 217       | 0.04216 | 0.06068          | 0.70127            |
| 218       | 0.0431  | 0.06018          | 0.69926            |
| 219       | 0.04191 | 0.06071          | 0.7048             |
| 220       | 0.04309 | 0.06083          | 0.6985             |
| 221       | 0.04233 | 0.06031          | 0.70163            |
| 222       | 0.04263 | 0.06037          | 0.6984             |
| 223       | 0.0414  | 0.06021          | 0.70307            |
| 224       | 0.04306 | 0.05964          | 0.70176            |
| 225       | 0.04227 | 0.0596           | 0.70246            |
| 226       | 0.04358 | 0.06055          | 0.70359            |
| 227       | 0.04273 | 0.06058          | 0.69979            |
| 228       | 0.04259 | 0.06133          | 0.70278            |
| 229       | 0.04496 | 0.06181          | 0.70369            |
| 230       | 0.04457 | 0.06196          | 0.70496            |
| 231       | 0.0448  | 0.06124          | 0.70624            |
| 232       | 0.04414 | 0.06264          | 0.70678            |
| 233       | 0.04564 | 0.06248          | 0.70792            |



|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 234 | 0.04663 | 0.06446 | 0.70877 |
| 235 | 0.04822 | 0.0646  | 0.71102 |
| 236 | 0.04975 | 0.06772 | 0.7132  |
| 237 | 0.05095 | 0.07035 | 0.71251 |
| 238 | 0.05459 | 0.0718  | 0.71115 |
| 239 | 0.05758 | 0.07627 | 0.71946 |
| 240 | 0.06227 | 0.08017 | 0.72412 |
| 241 | 0.06756 | 0.08439 | 0.72784 |
| 242 | 0.07257 | 0.09109 | 0.73117 |
| 243 | 0.07865 | 0.0968  | 0.74184 |
| 244 | 0.08601 | 0.10488 | 0.74828 |
| 245 | 0.09276 | 0.11161 | 0.75622 |
| 246 | 0.10047 | 0.11901 | 0.76205 |
| 247 | 0.10791 | 0.12705 | 0.77193 |
| 248 | 0.11614 | 0.13672 | 0.78067 |
| 249 | 0.12127 | 0.14288 | 0.78616 |
| 250 | 0.13037 | 0.15136 | 0.79579 |
| 251 | 0.13486 | 0.159   | 0.80231 |
| 252 | 0.14028 | 0.16489 | 0.80558 |
| 253 | 0.14349 | 0.16934 | 0.8087  |
| 254 | 0.14616 | 0.17396 | 0.8113  |
| 255 | 0.14868 | 0.17733 | 0.81476 |
| 256 | 0.14959 | 0.17971 | 0.81576 |
| 257 | 0.14909 | 0.1818  | 0.81454 |
| 258 | 0.14917 | 0.18171 | 0.81632 |
| 259 | 0.14701 | 0.17952 | 0.81173 |
| 260 | 0.14428 | 0.18025 | 0.81054 |
| 261 | 0.14232 | 0.17787 | 0.80781 |
| 262 | 0.13848 | 0.17519 | 0.80498 |
| 263 | 0.13418 | 0.17365 | 0.80026 |
| 264 | 0.1307  | 0.16942 | 0.79323 |
| 265 | 0.12589 | 0.16723 | 0.78936 |
| 266 | 0.12078 | 0.16294 | 0.78313 |
| 267 | 0.11685 | 0.15966 | 0.77918 |
| 268 | 0.11334 | 0.15614 | 0.77185 |
| 269 | 0.1087  | 0.15219 | 0.76863 |
| 270 | 0.10465 | 0.14865 | 0.76407 |
| 271 | 0.10093 | 0.14497 | 0.75919 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 272 | 0.09749 | 0.14116 | 0.75503 |
| 273 | 0.09417 | 0.13844 | 0.74991 |
| 274 | 0.09103 | 0.13565 | 0.74662 |
| 275 | 0.08734 | 0.13197 | 0.74308 |
| 276 | 0.08486 | 0.12986 | 0.73888 |
| 277 | 0.08242 | 0.12674 | 0.73533 |
| 278 | 0.08    | 0.12498 | 0.73214 |
| 279 | 0.07775 | 0.12224 | 0.72899 |
| 280 | 0.07563 | 0.11989 | 0.72611 |
| 281 | 0.07384 | 0.11865 | 0.72341 |
| 282 | 0.07218 | 0.11619 | 0.7213  |
| 283 | 0.07044 | 0.1148  | 0.71883 |
| 284 | 0.06937 | 0.11281 | 0.71745 |
| 285 | 0.06803 | 0.11115 | 0.71495 |
| 286 | 0.06664 | 0.1099  | 0.71287 |
| 287 | 0.06535 | 0.10855 | 0.71098 |
| 288 | 0.06487 | 0.10743 | 0.71031 |
| 289 | 0.06369 | 0.10633 | 0.70875 |
| 290 | 0.06279 | 0.10511 | 0.70734 |
| 291 | 0.06256 | 0.10407 | 0.70654 |
| 292 | 0.06178 | 0.10318 | 0.70551 |
| 293 | 0.06163 | 0.10274 | 0.70438 |
| 294 | 0.06093 | 0.10148 | 0.7033  |
| 295 | 0.06053 | 0.10073 | 0.70265 |
| 296 | 0.06    | 0.10029 | 0.7023  |
| 297 | 0.05941 | 0.09951 | 0.70181 |
| 298 | 0.05933 | 0.09924 | 0.70116 |
| 299 | 0.05898 | 0.09837 | 0.70059 |
| 300 | 0.05876 | 0.09812 | 0.70105 |
| 301 | 0.0586  | 0.09731 | 0.7002  |
| 302 | 0.05807 | 0.09656 | 0.7     |
| 303 | 0.05832 | 0.09616 | 0.70022 |
| 304 | 0.05791 | 0.09575 | 0.69942 |
| 305 | 0.05815 | 0.09516 | 0.69984 |
| 306 | 0.05786 | 0.09493 | 0.69965 |
| 307 | 0.05819 | 0.09493 | 0.70025 |
| 308 | 0.05798 | 0.0947  | 0.70012 |
| 309 | 0.05797 | 0.0944  | 0.70017 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 310 | 0.05848 | 0.09462 | 0.70021 |
| 311 | 0.05843 | 0.09425 | 0.70101 |
| 312 | 0.05846 | 0.09421 | 0.70123 |
| 313 | 0.05897 | 0.09411 | 0.70158 |
| 314 | 0.05916 | 0.09431 | 0.70201 |
| 315 | 0.05977 | 0.09461 | 0.70306 |
| 316 | 0.05981 | 0.09469 | 0.70366 |
| 317 | 0.06049 | 0.09493 | 0.70389 |
| 318 | 0.0606  | 0.09468 | 0.70468 |
| 319 | 0.06066 | 0.09451 | 0.70533 |
| 320 | 0.06069 | 0.09444 | 0.70514 |
| 321 | 0.06045 | 0.09431 | 0.70539 |
| 322 | 0.0603  | 0.09375 | 0.70575 |
| 323 | 0.05992 | 0.09355 | 0.70628 |
| 324 | 0.05947 | 0.09294 | 0.70583 |
| 325 | 0.0594  | 0.09262 | 0.70622 |
| 326 | 0.06104 | 0.09313 | 0.70753 |
| 327 | 0.05323 | 0.08924 | 0.71489 |
| 328 | 0.03058 | 0.09209 | 0.72822 |
| 329 | 0.05703 | 0.08067 | 0.70432 |
| 330 | 0.02574 | 0.06863 | 0.72267 |
| 331 | 0.05394 | 0.05805 | 0.69195 |
| 332 | 0.04293 | 0.04567 | 0.66224 |
| 333 | 0.04099 | 0.06    | 0.81605 |
| 334 | 0.06827 | 0.02724 | 0.52488 |
| 335 | -0.0416 | 0.1982  | 0.62086 |
| 336 | 0.11867 | 0.12098 | 0.49865 |
| 337 | 0.07177 | -0.0591 | 0.34951 |
| 338 | -0.0784 | 0.10125 | 0.2861  |
| 339 | -0.0862 | 0.05913 | 0.88724 |
| 340 | -0.1082 | -0.013  | 1.55475 |
| 341 | -0.126  | 0.05423 | 0.5586  |
| 342 | -0.0972 | -0.131  | 0.33891 |
| 343 | -0.1157 | 0.08774 | 0.75872 |
| 344 | -0.0306 | 0.07379 | 0.31004 |
| 345 | 0.09817 | 0.0888  | 0.55198 |
| 346 | 0.03752 | -0.1101 | 0.34088 |
| 347 | -0.0403 | 0.09856 | 0.59688 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 348 | 0.00747 | -0.0031 | 0.81764 |
| 349 | -0.0073 | -0.2479 | 1.6491  |
| 350 | -0.2877 | 0.04187 | 1.18473 |
| 351 | -0.2351 | 0.01621 | 2.84365 |
| 352 | 0.06041 | -0.0458 | 0.34691 |
| 353 | -0.0602 | 0.02515 | 0.48508 |
| 354 | -0.0402 | 0.00295 | 0.75091 |
| 355 | -0.1261 | -0.1547 | 6       |
| 356 | 0.08251 | 0.1208  | 0.41653 |
| 357 | -0.079  | 0.03924 | 0.56378 |
| 358 | -0.1012 | -0.0543 | 1.21312 |
| 359 | 0.11034 | 0.18984 | 6       |
| 360 | 0.08162 | -0.0578 | 0.80148 |
| 361 | -0.2451 | 0.07324 | 0.64917 |
| 362 | -0.136  | 0.10713 | 0.18896 |
| 363 | -0.0344 | -0.0178 | 0.57842 |
| 364 | -0.0653 | 0.07908 | 0.41777 |
| 365 | -0.0317 | -0.2106 | 0.44177 |
| 366 | 0.0152  | -0.0041 | 6       |
| 367 | 0.12326 | -0.0039 | 0.28378 |
| 368 | 0.08552 | 0.06569 | 0.38421 |
| 369 | -0.0473 | -0.0517 | 0.82326 |
| 370 | -0.0025 | -0.1421 | 0.98897 |
| 371 | -0.1947 | -0.1098 | 0.79717 |
| 372 | 0.00884 | -0.0508 | 1.41578 |
| 373 | -0.2212 | 0.09527 | 0.34716 |
| 374 | -0.0259 | 0.04169 | 0.37691 |
| 375 | -0.0532 | -0.2031 | 0.59598 |
| 376 | -0.1165 | 0.13158 | 0.59724 |
| 377 | -0.138  | -0.014  | 0.47412 |
| 378 | 0.01277 | 0.15462 | 1.06051 |
| 379 | -0.0711 | -0.0092 | 0.90007 |
| 380 | 0.01809 | 0.03091 | 0.7805  |
| 381 | 0.05891 | 0.04513 | 0.78695 |
| 382 | -0.1148 | 0.00999 | 0.71146 |
| 383 | -0.0411 | 0.03695 | 0.81669 |
| 384 | 0.16408 | 0.1966  | 0.92803 |
| 385 | 0.07155 | 0.09675 | 0.76477 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 386 | 0.05057 | 0.07781 | 0.74681 |
| 387 | 0.05058 | 0.07792 | 0.74741 |
| 388 | 0.0505  | 0.07751 | 0.74798 |
| 389 | 0.05064 | 0.0773  | 0.74891 |
| 390 | 0.05022 | 0.0772  | 0.74946 |
| 391 | 0.05016 | 0.07697 | 0.75002 |
| 392 | 0.05013 | 0.07671 | 0.75075 |
| 393 | 0.05001 | 0.0767  | 0.75149 |
| 394 | 0.04983 | 0.07672 | 0.75217 |
| 395 | 0.04966 | 0.07639 | 0.7529  |
| 396 | 0.04975 | 0.07613 | 0.75389 |
| 397 | 0.04955 | 0.07606 | 0.75459 |
| 398 | 0.04944 | 0.07596 | 0.75527 |
| 399 | 0.04949 | 0.07579 | 0.75593 |
| 400 | 0.0496  | 0.0758  | 0.75672 |
| 401 | 0.04919 | 0.07547 | 0.75748 |
| 402 | 0.0492  | 0.07541 | 0.75831 |
| 403 | 0.04919 | 0.07526 | 0.75894 |
| 404 | 0.04895 | 0.0752  | 0.75989 |
| 405 | 0.04874 | 0.07494 | 0.76057 |
| 406 | 0.04885 | 0.07481 | 0.76129 |
| 407 | 0.0491  | 0.07505 | 0.76225 |
| 408 | 0.04901 | 0.07494 | 0.76305 |
| 409 | 0.04897 | 0.0748  | 0.76371 |
| 410 | 0.04865 | 0.07464 | 0.76444 |
| 411 | 0.04862 | 0.07459 | 0.7654  |
| 412 | 0.04856 | 0.07419 | 0.7661  |
| 413 | 0.04855 | 0.07398 | 0.7669  |
| 414 | 0.04844 | 0.07407 | 0.76782 |
| 415 | 0.0484  | 0.07409 | 0.76859 |
| 416 | 0.04843 | 0.07391 | 0.76947 |
| 417 | 0.04834 | 0.07379 | 0.76998 |
| 418 | 0.04837 | 0.07388 | 0.77106 |
| 419 | 0.04825 | 0.07352 | 0.77165 |
| 420 | 0.04733 | 0.07354 | 0.77251 |
| 421 | 0.04823 | 0.07387 | 0.77384 |
| 422 | 0.04926 | 0.07352 | 0.78476 |
| 423 | 0.04923 | 0.0733  | 0.78582 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 424 | 0.0491  | 0.07307 | 0.78632 |
| 425 | 0.04896 | 0.07302 | 0.78742 |
| 426 | 0.04913 | 0.07314 | 0.78852 |
| 427 | 0.0493  | 0.0731  | 0.78929 |
| 428 | 0.04906 | 0.07264 | 0.78972 |
| 429 | 0.04918 | 0.07256 | 0.79087 |
| 430 | 0.04903 | 0.07275 | 0.7914  |
| 431 | 0.04887 | 0.07251 | 0.79227 |
| 432 | 0.04882 | 0.07251 | 0.79319 |
| 433 | 0.04894 | 0.07245 | 0.79402 |
| 434 | 0.04854 | 0.07243 | 0.79508 |
| 435 | 0.04855 | 0.07199 | 0.79584 |
| 436 | 0.04877 | 0.07213 | 0.79645 |
| 437 | 0.04861 | 0.07194 | 0.79717 |
| 438 | 0.0487  | 0.07223 | 0.79751 |
| 439 | 0.04858 | 0.07177 | 0.79836 |
| 440 | 0.04863 | 0.07175 | 0.79953 |
| 441 | 0.04867 | 0.07174 | 0.80012 |
| 442 | 0.0485  | 0.0717  | 0.80096 |
| 443 | 0.04848 | 0.07164 | 0.80173 |
| 444 | 0.04842 | 0.07141 | 0.80217 |
| 445 | 0.0484  | 0.07118 | 0.80308 |
| 446 | 0.04831 | 0.07094 | 0.80403 |
| 447 | 0.04813 | 0.07115 | 0.80465 |
| 448 | 0.04809 | 0.07128 | 0.80553 |
| 449 | 0.04822 | 0.07083 | 0.80592 |
| 450 | 0.04808 | 0.07086 | 0.80647 |
| 451 | 0.04799 | 0.07067 | 0.80706 |
| 452 | 0.04823 | 0.0705  | 0.80817 |
| 453 | 0.04799 | 0.07045 | 0.80841 |
| 454 | 0.04791 | 0.07046 | 0.80946 |
| 455 | 0.0479  | 0.07035 | 0.81015 |
| 456 | 0.04774 | 0.07001 | 0.81065 |
| 457 | 0.04775 | 0.06976 | 0.81137 |
| 458 | 0.04764 | 0.06987 | 0.81216 |
| 459 | 0.04791 | 0.06988 | 0.81234 |
| 460 | 0.04774 | 0.06966 | 0.81346 |
| 461 | 0.04752 | 0.0696  | 0.81407 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 462 | 0.0476  | 0.06945 | 0.81413 |
| 463 | 0.04744 | 0.06938 | 0.81491 |
| 464 | 0.04735 | 0.06938 | 0.81565 |
| 465 | 0.04739 | 0.0693  | 0.81633 |
| 466 | 0.0475  | 0.06899 | 0.81674 |
| 467 | 0.04746 | 0.06896 | 0.81743 |
| 468 | 0.04731 | 0.06893 | 0.81769 |
| 469 | 0.04723 | 0.06875 | 0.81836 |
| 470 | 0.04733 | 0.06855 | 0.81902 |
| 471 | 0.04717 | 0.06837 | 0.81959 |
| 472 | 0.04703 | 0.06864 | 0.81988 |
| 473 | 0.04697 | 0.06836 | 0.82059 |
| 474 | 0.04695 | 0.06826 | 0.82105 |
| 475 | 0.0471  | 0.06829 | 0.82191 |
| 476 | 0.04676 | 0.06812 | 0.82209 |
| 477 | 0.04665 | 0.06807 | 0.82252 |
| 478 | 0.04674 | 0.06784 | 0.8233  |
| 479 | 0.04665 | 0.06775 | 0.82342 |
| 480 | 0.04676 | 0.06753 | 0.82417 |
| 481 | 0.04648 | 0.0674  | 0.8246  |
| 482 | 0.0466  | 0.06748 | 0.82477 |
| 483 | 0.04643 | 0.06728 | 0.82537 |
| 484 | 0.04636 | 0.06718 | 0.82539 |
| 485 | 0.04644 | 0.0671  | 0.82633 |
| 486 | 0.04658 | 0.06702 | 0.82637 |
| 487 | 0.0464  | 0.06688 | 0.82693 |
| 488 | 0.04608 | 0.06656 | 0.8271  |
| 489 | 0.04622 | 0.06676 | 0.82733 |
| 490 | 0.0463  | 0.06661 | 0.82784 |
| 491 | 0.04617 | 0.06644 | 0.82843 |
| 492 | 0.04599 | 0.06626 | 0.8288  |
| 493 | 0.04622 | 0.06629 | 0.82906 |
| 494 | 0.04604 | 0.06593 | 0.82908 |
| 495 | 0.04598 | 0.06591 | 0.82968 |
| 496 | 0.04596 | 0.06584 | 0.83    |
| 497 | 0.04614 | 0.06588 | 0.83015 |
| 498 | 0.04598 | 0.06591 | 0.83059 |
| 499 | 0.04561 | 0.06562 | 0.83086 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 500 | 0.04559 | 0.06556 | 0.83099 |
| 501 | 0.04567 | 0.06554 | 0.83099 |
| 502 | 0.04562 | 0.06536 | 0.83188 |
| 503 | 0.04549 | 0.06522 | 0.83209 |
| 504 | 0.04562 | 0.06523 | 0.8318  |
| 505 | 0.04577 | 0.06488 | 0.83179 |
| 506 | 0.0455  | 0.06473 | 0.8319  |
| 507 | 0.04572 | 0.06491 | 0.83193 |
| 508 | 0.0456  | 0.0649  | 0.83246 |
| 509 | 0.04557 | 0.06471 | 0.83264 |
| 510 | 0.04542 | 0.06476 | 0.83247 |
| 511 | 0.04514 | 0.06434 | 0.83271 |
| 512 | 0.04556 | 0.06449 | 0.83266 |
| 513 | 0.04543 | 0.06431 | 0.83265 |
| 514 | 0.04531 | 0.06425 | 0.83291 |
| 515 | 0.04541 | 0.06423 | 0.83308 |
| 516 | 0.04532 | 0.0641  | 0.83279 |
| 517 | 0.04517 | 0.06388 | 0.83337 |
| 518 | 0.0452  | 0.06405 | 0.83322 |
| 519 | 0.04533 | 0.06384 | 0.83292 |
| 520 | 0.04514 | 0.06376 | 0.83357 |
| 521 | 0.04516 | 0.06343 | 0.83377 |
| 522 | 0.04505 | 0.06369 | 0.83416 |
| 523 | 0.04506 | 0.06353 | 0.83418 |
| 524 | 0.04533 | 0.06346 | 0.83454 |
| 525 | 0.04504 | 0.06339 | 0.83492 |
| 526 | 0.04503 | 0.06328 | 0.8349  |
| 527 | 0.04504 | 0.06317 | 0.83481 |
| 528 | 0.04504 | 0.06304 | 0.83524 |
| 529 | 0.04474 | 0.06325 | 0.83536 |
| 530 | 0.04494 | 0.0631  | 0.83538 |
| 531 | 0.0448  | 0.06298 | 0.83549 |
| 532 | 0.04484 | 0.06294 | 0.83592 |
| 533 | 0.04457 | 0.06277 | 0.8353  |
| 534 | 0.04475 | 0.06261 | 0.83554 |
| 535 | 0.04474 | 0.06259 | 0.83568 |
| 536 | 0.04469 | 0.0625  | 0.83542 |
| 537 | 0.04457 | 0.06231 | 0.83532 |



|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 538 | 0.04468 | 0.06211 | 0.83515 |
| 539 | 0.04456 | 0.0623  | 0.83511 |
| 540 | 0.04446 | 0.06235 | 0.83508 |
| 541 | 0.04445 | 0.06209 | 0.83479 |
| 542 | 0.04451 | 0.06207 | 0.83429 |
| 543 | 0.04442 | 0.06193 | 0.83442 |
| 544 | 0.04431 | 0.06206 | 0.83411 |
| 545 | 0.04435 | 0.06172 | 0.83412 |
| 546 | 0.04446 | 0.06184 | 0.83407 |
| 547 | 0.04436 | 0.06146 | 0.83356 |
| 548 | 0.04423 | 0.06152 | 0.83292 |
| 549 | 0.04433 | 0.06134 | 0.8328  |
| 550 | 0.04443 | 0.06134 | 0.83283 |
| 551 | 0.04431 | 0.06158 | 0.83285 |
| 552 | 0.04419 | 0.06124 | 0.83195 |
| 553 | 0.04416 | 0.06111 | 0.83199 |
| 554 | 0.04422 | 0.06104 | 0.83089 |
| 555 | 0.04403 | 0.06101 | 0.83123 |
| 556 | 0.04424 | 0.06099 | 0.83124 |
| 557 | 0.04396 | 0.06096 | 0.83098 |
| 558 | 0.044   | 0.06082 | 0.83026 |
| 559 | 0.04407 | 0.06063 | 0.82967 |
| 560 | 0.04417 | 0.06069 | 0.82944 |
| 561 | 0.04434 | 0.061   | 0.82917 |
| 562 | 0.04426 | 0.06095 | 0.8285  |
| 563 | 0.04417 | 0.06083 | 0.82802 |
| 564 | 0.04408 | 0.06042 | 0.82793 |
| 565 | 0.04413 | 0.06044 | 0.82739 |
| 566 | 0.04407 | 0.06059 | 0.82686 |
| 567 | 0.04408 | 0.06047 | 0.82669 |
| 568 | 0.04397 | 0.0602  | 0.82621 |
| 569 | 0.04396 | 0.06012 | 0.82621 |
| 570 | 0.04369 | 0.06011 | 0.82544 |
| 571 | 0.04378 | 0.06016 | 0.82513 |
| 572 | 0.0437  | 0.06004 | 0.8245  |
| 573 | 0.04388 | 0.06012 | 0.82408 |
| 574 | 0.04375 | 0.05996 | 0.82356 |
| 575 | 0.0437  | 0.0598  | 0.8232  |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 576 | 0.04368 | 0.05979 | 0.82278 |
| 577 | 0.04382 | 0.05964 | 0.82192 |
| 578 | 0.04388 | 0.05989 | 0.82203 |
| 579 | 0.04384 | 0.05975 | 0.82177 |
| 580 | 0.04375 | 0.05971 | 0.82082 |
| 581 | 0.04401 | 0.05967 | 0.82051 |
| 582 | 0.04375 | 0.05953 | 0.82017 |
| 583 | 0.04384 | 0.05953 | 0.81964 |
| 584 | 0.04386 | 0.0597  | 0.81911 |
| 585 | 0.04369 | 0.05929 | 0.81833 |
| 586 | 0.04368 | 0.05956 | 0.81784 |
| 587 | 0.04368 | 0.05933 | 0.81736 |
| 588 | 0.04384 | 0.05943 | 0.81678 |
| 589 | 0.04402 | 0.05936 | 0.81638 |
| 590 | 0.04397 | 0.05939 | 0.81562 |
| 591 | 0.04383 | 0.05923 | 0.81517 |
| 592 | 0.0441  | 0.0591  | 0.8145  |
| 593 | 0.04398 | 0.05916 | 0.81423 |
| 594 | 0.04387 | 0.05924 | 0.81341 |
| 595 | 0.04382 | 0.05925 | 0.8126  |
| 596 | 0.04387 | 0.05912 | 0.81232 |
| 597 | 0.04396 | 0.05912 | 0.81191 |
| 598 | 0.04413 | 0.05913 | 0.81108 |
| 599 | 0.0439  | 0.05921 | 0.81014 |
| 600 | 0.04401 | 0.0592  | 0.80997 |
| 601 | 0.04404 | 0.05903 | 0.80941 |
| 602 | 0.04408 | 0.05902 | 0.80811 |
| 603 | 0.04419 | 0.05913 | 0.80756 |
| 604 | 0.04404 | 0.05915 | 0.8072  |
| 605 | 0.0443  | 0.05904 | 0.80668 |
| 606 | 0.04441 | 0.05904 | 0.80559 |
| 607 | 0.0442  | 0.05907 | 0.80563 |
| 608 | 0.04418 | 0.05899 | 0.80456 |
| 609 | 0.04416 | 0.05899 | 0.80395 |
| 610 | 0.04449 | 0.05903 | 0.80357 |
| 611 | 0.04428 | 0.05919 | 0.80337 |
| 612 | 0.04436 | 0.05934 | 0.80212 |
| 613 | 0.04423 | 0.05888 | 0.80107 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 614 | 0.04437 | 0.05882 | 0.80054 |
| 615 | 0.04445 | 0.05907 | 0.79978 |
| 616 | 0.04444 | 0.05895 | 0.7993  |
| 617 | 0.04468 | 0.05907 | 0.79823 |
| 618 | 0.04455 | 0.05902 | 0.79783 |
| 619 | 0.04474 | 0.0589  | 0.7971  |
| 620 | 0.04466 | 0.05898 | 0.7963  |
| 621 | 0.04481 | 0.05889 | 0.79542 |
| 622 | 0.04485 | 0.05903 | 0.79518 |
| 623 | 0.04463 | 0.05893 | 0.79398 |
| 624 | 0.0445  | 0.05892 | 0.79287 |
| 625 | 0.04449 | 0.05888 | 0.79238 |
| 626 | 0.04447 | 0.05872 | 0.79132 |
| 627 | 0.04455 | 0.05884 | 0.79068 |
| 628 | 0.04457 | 0.05901 | 0.78949 |
| 629 | 0.04456 | 0.0588  | 0.78876 |
| 630 | 0.0448  | 0.05866 | 0.78803 |
| 631 | 0.0448  | 0.05859 | 0.78707 |
| 632 | 0.04483 | 0.05875 | 0.78614 |
| 633 | 0.04496 | 0.05875 | 0.78517 |
| 634 | 0.04488 | 0.05866 | 0.78417 |
| 635 | 0.04487 | 0.05868 | 0.78319 |
| 636 | 0.04492 | 0.05876 | 0.78251 |
| 637 | 0.0448  | 0.05864 | 0.78186 |
| 638 | 0.04513 | 0.05853 | 0.78099 |
| 639 | 0.04499 | 0.05885 | 0.77958 |
| 640 | 0.0448  | 0.05867 | 0.77867 |
| 641 | 0.04453 | 0.05836 | 0.77809 |
| 642 | 0.04494 | 0.05888 | 0.77709 |
| 643 | 0.04482 | 0.0588  | 0.7762  |
| 644 | 0.04478 | 0.05887 | 0.77545 |
| 645 | 0.04526 | 0.05863 | 0.77476 |
| 646 | 0.04507 | 0.05852 | 0.77241 |
| 647 | 0.04512 | 0.05872 | 0.77194 |
| 648 | 0.04506 | 0.05839 | 0.77087 |
| 649 | 0.04517 | 0.05844 | 0.76981 |
| 650 | 0.04495 | 0.05826 | 0.7693  |
| 651 | 0.0449  | 0.05827 | 0.76736 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 652 | 0.04479 | 0.05798 | 0.76704 |
| 653 | 0.04494 | 0.05811 | 0.76532 |
| 654 | 0.04484 | 0.05835 | 0.76494 |
| 655 | 0.04502 | 0.05834 | 0.76394 |
| 656 | 0.04518 | 0.05802 | 0.7624  |
| 657 | 0.04499 | 0.05816 | 0.76168 |
| 658 | 0.04481 | 0.05806 | 0.76008 |
| 659 | 0.04525 | 0.05831 | 0.75893 |
| 660 | 0.0454  | 0.05799 | 0.75893 |
| 661 | 0.04496 | 0.05828 | 0.75765 |
| 662 | 0.04481 | 0.05793 | 0.75603 |
| 663 | 0.04477 | 0.05788 | 0.75505 |
| 664 | 0.04517 | 0.05797 | 0.75396 |
| 665 | 0.04513 | 0.05827 | 0.75278 |
| 666 | 0.04511 | 0.0583  | 0.7521  |
| 667 | 0.04503 | 0.05792 | 0.74994 |
| 668 | 0.04493 | 0.05769 | 0.7496  |
| 669 | 0.04502 | 0.05787 | 0.74805 |
| 670 | 0.04501 | 0.05767 | 0.74722 |
| 671 | 0.04515 | 0.05733 | 0.74545 |
| 672 | 0.04521 | 0.05745 | 0.74538 |
| 673 | 0.04511 | 0.05749 | 0.74391 |
| 674 | 0.04484 | 0.05786 | 0.74252 |
| 675 | 0.04502 | 0.05767 | 0.74108 |
| 676 | 0.04523 | 0.05763 | 0.73986 |
| 677 | 0.04516 | 0.05773 | 0.73884 |
| 678 | 0.04524 | 0.05789 | 0.73767 |
| 679 | 0.04519 | 0.05784 | 0.73653 |
| 680 | 0.04525 | 0.05772 | 0.7356  |
| 681 | 0.04512 | 0.05757 | 0.73438 |
| 682 | 0.04496 | 0.05778 | 0.73263 |
| 683 | 0.04529 | 0.05762 | 0.73219 |
| 684 | 0.04544 | 0.0579  | 0.73013 |
| 685 | 0.04547 | 0.058   | 0.73    |
| 686 | 0.04537 | 0.05761 | 0.72673 |
| 687 | 0.04522 | 0.05755 | 0.72576 |
| 688 | 0.04531 | 0.0576  | 0.72451 |
| 689 | 0.04529 | 0.05745 | 0.72317 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 690 | 0.04519 | 0.0574  | 0.72221 |
| 691 | 0.04534 | 0.05733 | 0.72092 |
| 692 | 0.04529 | 0.05734 | 0.71966 |
| 693 | 0.04526 | 0.05731 | 0.71841 |
| 694 | 0.04533 | 0.05734 | 0.71724 |
| 695 | 0.0454  | 0.05732 | 0.71596 |
| 696 | 0.0451  | 0.05733 | 0.71483 |
| 697 | 0.0453  | 0.05719 | 0.71341 |
| 698 | 0.04545 | 0.05728 | 0.71227 |
| 699 | 0.04526 | 0.05717 | 0.71075 |
| 700 | 0.04512 | 0.05721 | 0.70973 |
| 701 | 0.04534 | 0.05713 | 0.7082  |
| 702 | 0.04533 | 0.05717 | 0.70721 |
| 703 | 0.04537 | 0.05718 | 0.70556 |
| 704 | 0.04526 | 0.05697 | 0.70471 |
| 705 | 0.04538 | 0.05701 | 0.70339 |
| 706 | 0.04529 | 0.05692 | 0.70206 |
| 707 | 0.04531 | 0.05691 | 0.70091 |
| 708 | 0.04529 | 0.05702 | 0.69974 |
| 709 | 0.04553 | 0.05699 | 0.69883 |
| 710 | 0.04543 | 0.05703 | 0.69741 |
| 711 | 0.04522 | 0.0568  | 0.69618 |
| 712 | 0.04537 | 0.05682 | 0.69488 |
| 713 | 0.04544 | 0.05681 | 0.6935  |
| 714 | 0.0456  | 0.05696 | 0.6926  |
| 715 | 0.04563 | 0.05672 | 0.69132 |
| 716 | 0.04544 | 0.05666 | 0.69025 |
| 717 | 0.04539 | 0.05698 | 0.68879 |
| 718 | 0.0455  | 0.0569  | 0.68778 |
| 719 | 0.0455  | 0.05669 | 0.68639 |
| 720 | 0.04546 | 0.05684 | 0.68551 |
| 721 | 0.04551 | 0.05658 | 0.68406 |
| 722 | 0.04543 | 0.05667 | 0.68294 |
| 723 | 0.04529 | 0.05668 | 0.68192 |
| 724 | 0.04546 | 0.0566  | 0.68036 |
| 725 | 0.04555 | 0.05671 | 0.67923 |
| 726 | 0.04557 | 0.05669 | 0.67822 |
| 727 | 0.04553 | 0.05672 | 0.67692 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 728 | 0.04561 | 0.05641 | 0.67572 |
| 729 | 0.04557 | 0.05663 | 0.67421 |
| 730 | 0.04553 | 0.05658 | 0.67326 |
| 731 | 0.04565 | 0.05664 | 0.67225 |
| 732 | 0.04549 | 0.05639 | 0.67095 |
| 733 | 0.04562 | 0.05651 | 0.66961 |
| 734 | 0.04553 | 0.05633 | 0.66842 |
| 735 | 0.04554 | 0.05646 | 0.6671  |
| 736 | 0.04571 | 0.05641 | 0.66617 |
| 737 | 0.04582 | 0.05645 | 0.66486 |
| 738 | 0.04549 | 0.0565  | 0.66358 |
| 739 | 0.04536 | 0.05633 | 0.66221 |
| 740 | 0.04552 | 0.05636 | 0.66107 |
| 741 | 0.04565 | 0.05619 | 0.65991 |
| 742 | 0.04555 | 0.0563  | 0.65918 |
| 743 | 0.04545 | 0.05624 | 0.65741 |
| 744 | 0.04546 | 0.05631 | 0.65608 |
| 745 | 0.04558 | 0.05624 | 0.6549  |
| 746 | 0.04546 | 0.05629 | 0.65376 |
| 747 | 0.04549 | 0.05638 | 0.65262 |
| 748 | 0.04575 | 0.05613 | 0.65158 |
| 749 | 0.04576 | 0.05613 | 0.65017 |
| 750 | 0.04559 | 0.05615 | 0.64867 |
| 751 | 0.04578 | 0.05619 | 0.64791 |
| 752 | 0.04561 | 0.05614 | 0.64661 |
| 753 | 0.04555 | 0.05616 | 0.64517 |
| 754 | 0.04551 | 0.05602 | 0.64376 |
| 755 | 0.04555 | 0.05587 | 0.6428  |
| 756 | 0.04559 | 0.05587 | 0.6416  |
| 757 | 0.0455  | 0.05604 | 0.64035 |
| 758 | 0.04567 | 0.05588 | 0.6393  |
| 759 | 0.04572 | 0.05578 | 0.6378  |
| 760 | 0.04555 | 0.05611 | 0.63686 |
| 761 | 0.04554 | 0.05583 | 0.63543 |
| 762 | 0.04554 | 0.05573 | 0.63436 |
| 763 | 0.04572 | 0.05582 | 0.63308 |
| 764 | 0.04563 | 0.056   | 0.63209 |
| 765 | 0.04572 | 0.05591 | 0.63078 |

|     |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|
| 766 | 0.04551 | 0.05581 | 0.62973 |
| 767 | 0.04549 | 0.05582 | 0.62849 |
| 768 | 0.04555 | 0.05588 | 0.627   |
| 769 | 0.04575 | 0.05557 | 0.62577 |
| 770 | 0.04553 | 0.05553 | 0.62507 |
| 771 | 0.04564 | 0.05555 | 0.62345 |
| 772 | 0.04533 | 0.05545 | 0.62212 |
| 773 | 0.04581 | 0.05538 | 0.62156 |
| 774 | 0.04545 | 0.05558 | 0.62013 |
| 775 | 0.04555 | 0.05551 | 0.61904 |
| 776 | 0.04567 | 0.05546 | 0.61781 |
| 777 | 0.04569 | 0.05552 | 0.61628 |
| 778 | 0.04564 | 0.05555 | 0.61573 |
| 779 | 0.04554 | 0.05537 | 0.61427 |
| 780 | 0.04557 | 0.05529 | 0.61322 |
| 781 | 0.04561 | 0.0554  | 0.61189 |
| 782 | 0.04558 | 0.05524 | 0.61085 |
| 783 | 0.04548 | 0.05525 | 0.60924 |
| 784 | 0.0454  | 0.05531 | 0.60861 |
| 785 | 0.04548 | 0.0554  | 0.60727 |
| 786 | 0.04563 | 0.05511 | 0.60598 |
| 787 | 0.04544 | 0.05517 | 0.60487 |
| 788 | 0.04528 | 0.0553  | 0.60404 |
| 789 | 0.04548 | 0.05554 | 0.60294 |
| 790 | 0.04547 | 0.05535 | 0.60191 |
| 791 | 0.04562 | 0.0551  | 0.60039 |
| 792 | 0.04548 | 0.05524 | 0.60039 |
| 793 | 0.04542 | 0.05513 | 0.59821 |
| 794 | 0.04539 | 0.05551 | 0.59733 |
| 795 | 0.04546 | 0.05549 | 0.59614 |
| 796 | 0.04554 | 0.05513 | 0.59496 |
| 797 | 0.04543 | 0.05517 | 0.59341 |
| 798 | 0.04548 | 0.0551  | 0.59205 |
| 799 | 0.04532 | 0.05494 | 0.59078 |
| 800 | 0.04552 | 0.05504 | 0.59006 |

# LAMPIRAN 4. Data Base JCPDS.

